



Contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023

Commission Internationale pour la Protection du Rhin

Rapport n° 311

Clause de non-responsabilité sur l'accessibilité aux documents

La CIPR s'efforce de faciliter l'accès à ses documents dans la plus grande mesure possible. Par souci d'efficacité, il n'est pas toujours possible de rendre tous les documents totalement accessibles dans les différentes langues (par ex. avec des passages explicatifs pour tous les graphiques ou dans un langage aisément compréhensible). Le présent rapport contient éventuellement des figures et des tableaux. Pour plus d'explications, veuillez contacter le secrétariat de la CIPR au 0049261-94252-0 ou à l'adresse courriel sekretariat@iksr.de.

Mentions légales

Editeur :

Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Coblenz
Postfach : 20 02 53, D 56002 Coblenz
Téléphone : +49-(0)261-94252-0
Courrier électronique : sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

Rapport final

Contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023

Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311

Code d'étude IME : 2023-030

Mandant

Commission Internationale pour la Protection du
Rhin (CIPR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15
56068 Coblenz
Allemagne

Contact (mandant)

Tabea Stötter

Prestataire

Fraunhofer Institute for Molecular
Biology and Applied Ecology (IME)
Auf dem Aberg 1
57392 Schmallenberg, Germany

Direction de l'institut

Prof. Dr. Christoph Schäfers
Prof. Dr. Stefan Schillberg

Direction de projet

Dr. Bernd Göckener
Dr. René Lämmer

Nombre de pages

221

Date

2 décembre 2025

Liste des abréviations

| | |
|---------|--|
| BCF | Facteur de bioconcentration (<i>bioconcentration factor</i>) |
| BDE | Diphényléthers bromés |
| CAS | Chemical Abstracts Service |
| CIPR | Commission Internationale pour la Protection du Rhin |
| DDT | p, p'-dichlorodiphényltrichloroéthane |
| dl-PCB | Polychlorobiphényles de type dioxine |
| HBCDD | Hexabromocyclododécane |
| HC | Heptachlore |
| HCB | Hexachlorobenzène |
| HCDB | Hexachlorobutadiène |
| HCE | Époxyde d'heptachlore |
| Hg | Mercure |
| HPA | Hydrocarbures polycycliques aromatiques |
| Log Kow | Coefficient de partage octanol/eau |
| LQ | Limite de quantification |
| MS | Matière sèche |
| NQE | Norme de qualité environnementale |
| OMS | Organisation mondiale de la Santé |
| PBDE | Diphényléthers bromés |
| PCB | Polychlorobiphényles |
| PCDD/F | Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes |
| PF | Poids frais (synonyme ici du poids humide) |
| PFAS | Composés per- et polyfluoroalkylés |
| PFOS | Acide perfluorooctanesulfonique |
| PNUE | Programme des Nations unies pour l'environnement |
| TCDD | Tétrachlorodibenzo-p-dioxine |
| TEQ | Équivalents toxiques |
| UE | Union européenne |

Résumé

Le présent rapport regroupe l'évaluation des données de monitoring recensées dans les analyses du biote du bassin du Rhin de 2015 à 2023. Il a pour objectif de comparer les résultats dans l'espace et dans le temps pour les poissons et les coquillages.

Au total, les données de 345 échantillons ont été évaluées dans le cadre du rapport. Ces données proviennent de 224 échantillons de poissons et de 121 échantillons de coquillages. Toutes les données ont été considérées d'une part sous forme non normalisée et d'autre part sous forme normalisée au taux de lipides et/ou de matière sèche, conformément aux propriétés des substances analysées, et elles ont été converties, quand il a été possible de le faire, en valeurs rapportées au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle des NQE (filet ou poisson entier).

Les trois périodes suivantes sont considérées : de 2015 à 2016, de 2017 à 2019 et de 2020 à 2022 (ou 2023 pour les coquillages). Ceci autorise une comparaison grossière et permet de tirer des tendances générales. Pour obtenir à l'avenir des tendances qui soient fiables sur le plan statistique, il faudrait viser à obtenir des données aussi continues que possible.

La comparaison spatiale sous forme de cartes de pression (annexes A.1 et A.2) a porté sur les années 2016 à 2023, d'une part pour faire suite au rapport antérieur, qui regroupait des données de 2014 et 2015, et d'autre part pour atténuer l'effet des données de 2015, qui affichaient dans certaines masses d'eau des valeurs nettement plus élevées que celles des années suivantes.

Le fait que les limites de quantification de nombreux laboratoires sont en partie nettement supérieures aux NQE biote de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore est jugé problématique. Lorsque les limites de quantification sont suffisamment basses, presque toutes les valeurs mesurées dépassent les NQE biote, et l'on peut donc supposer un dépassement pratiquement systématique (voir tableau 1). Pour pouvoir tirer une conclusion sur le dépassement des NQE, il est fortement recommandé de choisir des laboratoires qui utilisent des méthodes d'analyse suffisamment sensibles.

Le manque d'informations sur le taux de lipides et surtout de matières sèches a également posé problème. Comme le taux de matières sèches varie peu, autant entre les espèces de poissons qu'au sein d'une même espèce, des médianes couvrant toutes les espèces ont été utilisées comme valeurs de substitution pour la normalisation des échantillons de filets et de poissons entiers sans taux de matières sèches disponibles. Il n'a pas été possible d'utiliser des valeurs proxy pour les taux de lipides manquants.

Les résultats ont été rassemblés dans les tableaux 1 et 2 sans tenir compte des différences spatiales et temporelles. Il ressort clairement que les substances dicofol, hexabromocyclododécane et hexachlorobutadiène n'affichent pas de dépassement des NQE biote dans le bassin du Rhin. En revanche, les substances ou groupes de substances

heptachlore, époxyde d'heptachlore, diphényléthers polybromés et mercure présentent des dépassements pratiquement systématiques des NQE biote. Pour ces substances, il convient de vérifier dans les États du bassin du Rhin si des mesures doivent être prises pour réduire les pressions.

Les substances acide perfluorooctane sulfonique, benzo(a)pyrène et fluoranthène présentent des dépassements, mais ils ne sont pas systématiques. Pour les autres substances, à savoir l'hexachlorobenzène, les polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes et les polychlorobiphényles de type dioxine, une différence est visible selon que les données soient normalisées ou non pour contrôler le respect des NQE. Des dépassements de la NQE pour le biote ne sont apparus qu'après la normalisation. Dans le cas de l'hexachlorobenzène cependant, cette différence ne porte que sur trois masses d'eau.

Le groupe d'experts de la CIPR qui traite des évaluations du biote va exploiter les résultats disponibles pour réviser les dispositions de futurs recensements du biote.

Tableau 1 : Synthèse des dépassements des NQE dans les poissons (sans comparaison spatiale ou temporelle)

| +Substance | Non normalisé | Normalisé |
|--|---------------|-----------|
| Dicofol | 0 % | 0 % |
| Heptachlore et époxyde d'heptachlore* | 29 % | 23 % |
| Hexabromocyclododécane | 0 % | 0 % |
| Hexachlorobenzène | 0 % | 6 %** |
| Hexachlorobutadiène | 0 % | 0 % |
| Perfluorooctane sulfonate | 33 % | 40 % |
| Diphényléthers polybromés | 96 % | 97 % |
| Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/F) et polychlorobiphényles de type dioxine ¹ | 0 % | 25 % |
| Mercure | 94 % | 96 % |

* Évaluation rouge selon l'estimation des experts, car de très nombreuses valeurs sont inférieures à la limite de dosage et presque toutes les valeurs vérifiables sont supérieures à la NQE pour le biote

** Trois masses d'eau affichant des valeurs nettement plus élevées (Karlsruhe, Mannheim et Clèves-Bimmen)

¹ En tant que TEQ de l'OMS

Tableau 2 : Synthèse des dépassements de NQE dans les coquillages (sans comparaison spatiale ou temporelle)

| Substance | Non normalisé | Normalisé |
|---|---------------|-----------|
| Benzo(a)pyrène | 7 % | 14 % |
| Fluoranthène | 19 % | 14 % |
| Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes et polychlorobiphényles de type dioxine (PCDD/F et dl-PCB) | 0 % | 0 % |

Légende des tableaux 1 et 2 :

| | |
|--|---|
| | Pas de dépassement |
| | Dépassements partiels |
| | Dépassements (pratiquement) systématiques |

Recommandations

La méthode suivie dans le présent rapport est décrite dans le [rapport CIPR n° 259](#) (Projet de mise en cohérence d'analyses de la contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin dans le cadre du troisième cycle de gestion DCE 2021-2027). Le projet doit être remis à jour d'ici fin 2026 pour le cycle de gestion 2028-2033. La CIPR vise ici une plus grande uniformisation.

Le présent chapitre dresse les enseignements tirés de l'évaluation de l'actuel jeu de données et vise à simplifier, accélérer et rendre moins sensibles aux erreurs les travaux de mise au point et d'évaluation de jeux de données similaires à l'avenir. Les deux aspects prioritaires sont ici a) l'exhaustivité et b) l'homogénéité du jeu de données :

- Pour suivre la recommandation de normalisation des données d'analyse au taux de lipides ou de matières sèches, il est nécessaire de disposer pour chaque échantillon d'un taux de lipides ou de matières sèches correspondant. Pour des raisons d'homogénéité, les données ne comportant pas ces informations annexes ne peuvent sinon pas être exploitées ou l'être uniquement de manière restreinte par application de taux moyens de matières sèches.
- La détermination des taux de lipides doit, dans la plus grande mesure possible, être effectuée à l'aide de méthodes comparables.
- Les données biométriques (poids, tailles, âges) doivent être indiquées de manière aussi uniforme que possible pour permettre une comparaison.
- Concernant les échantillons composites de plusieurs poissons, une méthode uniforme devrait être élaborée pour convertir les données relatives à l'âge en une valeur numérique exploitable, afin d'éviter l'indication de fourchettes d'âge.
- Toutes les teneurs polluantes analysées devraient être exprimées de manière uniforme par l'unité « µg/kg PF » pour éviter toutes conversions, questions et interprétations erronées.

Pour les futures observations de tendances, un haut degré de continuité est nécessaire en outre, autant au niveau des prélèvements que de la collecte des données. Les tendances de l'évolution dans le temps et dans l'espace des pressions environnementales ne sont vérifiables sous l'angle statistique que si les impacts de facteurs externes sont minimisés. Il est utile par ailleurs, pour pouvoir calculer des tendances sur une base statistique, d'avoir un nombre similaire d'échantillons pour chaque année d'analyse, dans l'idéal tous les ans, sans que certaines années soient surreprésentées. De plus, quelques masses d'eau devraient être échantillonnées régulièrement, et dans l'idéal à rythme annuel, pour identifier des tendances à ces endroits. En règle fondamentale, les comparaisons par contraste entre deux années assez éloignées l'une de l'autre sont certes possibles mais elles occultent les fluctuations possibles entre ces deux années et sont exposées aux effets de distorsion de

variations annuelles. Les comparaisons par contrastes sont donc moins pertinentes que les calculs de tendances.

Afin de pouvoir intégrer dans les évaluations futures, en règle fondamentale, aussi bien les espèces de poissons omnivores que carnivores et de tenir compte des pressions chimiques différentes tout au long de la chaîne alimentaire, il conviendrait d'envisager une normalisation au niveau trophique et de la mettre en œuvre.

Pour l'analyse de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore, il est nécessaire d'assurer, dans le choix des laboratoires, que ceux-ci puissent atteindre des limites de quantification suffisamment inférieures à la norme de qualité environnementale. Cette condition est indispensable pour contrôler efficacement la norme de qualité environnementale à l'avenir. Le jeu de données montre clairement que de nombreux laboratoires sont déjà en mesure d'analyser avec la sensibilité requise et que les dépassements de la norme de qualité environnementale sont fréquents dans les analyses réalisées par des laboratoires suffisamment sensibles. On ne peut toutefois pas écarter le soupçon que certains dépassements de la norme de qualité environnementale restent totalement inaperçus en raison du choix d'un laboratoire non adéquat. Cette problématique et les dépassements de la norme de qualité environnementale sont également rapportés dans d'autres pays européens (Lyche et al. 2020, Vermeirssen et al. 2017) et soulignent ainsi le manque de connaissances existant.

Pour obtenir une évaluation comparable sur l'ensemble du bassin du Rhin, il convient de clarifier la question de la normalisation. Jusqu'à présent, les États membres de la CIPR ont suivi des approches différentes. La vérification du dépassement ou non de la NQE est effectué en partie sur la base de données normalisées et en partie sur la base de données non normalisées. Une approche uniforme au niveau de l'UE ou au moins de la CIPR devrait être recherchée.

Sommaire

| | Page |
|--|-------------|
| Liste des abréviations | 4 |
| Résumé 5 | |
| Recommandations | 8 |
| Sommaire | 10 |
| Registre des tableaux | 12 |
| Registre des figures | 15 |
| 1 Introduction et contexte | 26 |
| 2 Base de données | 28 |
| 3 Traitement des données et évaluation..... | 34 |
| 4 Résultats et discussion..... | 38 |
| 4.1 Échantillons de poissons | 38 |
| 4.1.1 Description du jeu de données | 38 |
| 4.1.2 Caractérisation des espèces de poissons | 44 |
| 4.1.3 Comparaison des données de filet et de poisson entier | 53 |
| 4.1.4 Comparaison des espèces de poissons omnivores et carnivores..... | 57 |
| 4.1.5 Synthèse des teneurs polluantes | 61 |
| 4.1.6 Comparaison spatiale | 83 |
| 4.2 Échantillons de coquillages | 105 |
| 4.2.1 Description du jeu de données | 105 |
| 4.2.2 Caractérisation des espèces de coquillages..... | 111 |
| 4.2.3 Synthèse des teneurs polluantes | 112 |
| 4.2.4 Comparaison spatiale | 120 |
| 5 Références bibliographiques | 130 |
| Annexes..... | 135 |
| A.1 Substances et groupes de substances | 136 |
| A.1.1 Benzo(a)pyrène..... | 136 |
| A.1.2 Dicofol..... | 136 |
| A.1.3 Fluoranthène..... | 137 |
| A.1.4 Heptachlore et époxyde d'heptachlore | 137 |
| A.1.5 Hexachlorobenzène | 137 |
| A.1.6 Hexachlorobutadiène | 138 |
| A.1.7 Acide perfluorooctanesulfonique | 138 |

| | | |
|--------|---|-----|
| A.1.8 | Polybromodiphényléthers et hexabromocyclododécane..... | 139 |
| A.1.9 | Dioxines et composés de type dioxine | 140 |
| A.1.10 | Polychlorobiphényles | 141 |
| A.1.11 | Mercure..... | 141 |
| A.1.12 | Vue d'ensemble | 141 |
| A.2 | Figures complémentaires : cartes de pressions sans normalisations | 143 |
| A.3 | Figures complémentaires : Cartes de pressions avec normalisations..... | 167 |
| A.4 | Tableaux complémentaires | 191 |

Registre des tableaux

| | Page |
|--|-------------|
| Tableau 1 : Synthèse des dépassements des NQE dans les poissons (sans comparaison spatiale ou temporelle)..... | 6 |
| Tableau 2 : Synthèse des dépassements de NQE dans les coquillages (sans comparaison spatiale ou temporelle)..... | 7 |
| Tableau 3 : Aperçu des masses d'eau issues du jeu de données sur les poissons et les sites de prélèvement | 29 |
| Tableau 4 : Aperçu des masses d'eau issues du jeu de données sur les coquillages et les sites de prélèvement..... | 32 |
| Tableau 5 : Résumé des substances et groupes de substances analysés et de la normalisation à appliquer, du tissu privilégié pour le contrôle de la NQE et des facteurs de conversion pour les concentrations du filet au poisson entier selon Radermacher et al. (2019) (n. d. : non disponible). | 35 |
| Tableau 6 : Tableau synoptique des jeux de données évalués des échantillons de poissons..... | 39 |
| Tableau 7 : Taille des différentes espèces de poissons : Paramètres descriptifs | 47 |
| Tableau 8 : Poids des différentes espèces de poissons : Paramètres descriptifs.... | 47 |
| Tableau 9 : Classification des espèces de poissons en omnivores et carnivores.... | 57 |
| Tableau 10 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. N (total) : nombre de tous les jeux de données fournis ; N (exploitable) ; nombre de tous les jeux de données ayant permis une normalisation ; N (> LQ) : nombre de toutes les valeurs supérieures à la limite de quantification ; (p (test t) : résultat du test t de deux échantillons instantanés distincts. En gras : différences significatives (p < 0,05). | 60 |
| Tableau 11 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les poissons omnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. | 64 |
| Tableau 12 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les poissons carnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu | |

d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. 65

| | | |
|--------------|---|-----|
| Tableau 13 : | Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans tous les poissons (omnivores et carnivores) : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. | 65 |
| Tableau 14 : | Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans les poissons omnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au TMS (y compris les matières sèches de substitution) ; autres substances : normalisation aux lipides Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. 75 | |
| Tableau 15 : | Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans les poissons carnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au taux de matières sèches ; autres substances : normalisation au taux de lipides. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. | 75 |
| Tableau 16 : | Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans tous les poissons (omnivores et carnivores) : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au taux de matières sèches ; autres substances : normalisation au taux de lipides. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés. 77 | |
| Tableau 17 : | Aperçu des tissus et des espèces de poissons en fonction du niveau trophique (omnivores et carnivores) utilisés pour l'évaluation dans l'espace et type de normalisation par (groupe de) substance(s). | 83 |
| Tableau 18 : | Tableau synoptique des jeux de données évalués des échantillons de coquillages. | 106 |
| Tableau 19 : | Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les coquillages : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2023. | 114 |

| | |
|--|-----|
| Tableau 20 : Synthèse des teneurs normalisées au taux de lipides de polluants dans les coquillages : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2023. | 118 |
| Tableau 21 : NQE des substances et groupes de substances étudiées. | 142 |
| Tableau 22 : Vue d'ensemble du jeu d'échantillons de poissons avec données biométriques (toutes les données après uniformisation et nettoyage, valeurs en partie arrondies). | 191 |
| Tableau 23 : Vue d'ensemble du groupe d'échantillons de coquillages avec données biométriques (toutes les données après uniformisation et nettoyage). | 217 |

Registre des figures

| | Page |
|---|-------------|
| Figure 1 : Carte synoptique de toutes les masses d'eau pour les poissons (légende : voir Tableau 3). | 31 |
| Figure 2 : Carte synoptique de toutes les masses d'eau pour les coquillages (légende : voir Tableau 4). | 33 |
| Figure 3 : Graphique synoptique des espèces de poissons capturées (valeurs absolues) par année. | 40 |
| Figure 4 : Graphique synoptique des espèces de poissons capturées (valeurs relatives) par an..... | 41 |
| Figure 5 : Synthèse du nombre d'échantillons par masse d'eau et par espèce de poisson capturée (Rhin, Neckar, Moselle)..... | 42 |
| Figure 6 : Synthèse du nombre d'échantillons par masse d'eau et par espèce de poisson capturée (Sarre, Lahn, Sûre, Meurthe et autres). | 43 |
| Figure 7 : Distribution de la taille des chevesnes, perches fluviatiles et gardons en classes de taille (en général valeurs moyennes d'un échantillon composite). | 45 |
| Figure 8 : Distribution du poids des chevesnes, perches fluviatiles et gardons en classes de poids (en général valeurs moyennes d'un échantillon composite). | 46 |
| Figure 9 : Boîte à moustaches avec des taux de lipides rapportés dans les échantillons de filets des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons). | 49 |
| Figure 10 : Boîte à moustaches avec des taux de lipides rapportés dans les échantillons de poissons entiers des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons). | 50 |
| Figure 11 : Boîte à moustaches avec des taux de matières sèches rapportés dans les échantillons de filets des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons). | 51 |
| Figure 12 : Boîte à moustaches avec des taux de matières sèches rapportés dans les échantillons de poissons entiers des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons). | 52 |
| Figure 13 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Mercure (normalisation au TMS, NQE : 20 µg/kg PF) et PFOS (normalisation au TMS, NQE | |

- : 9,1 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ..... 54
- Figure 14 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL, NQE : 0,0065 µg/kg PF) et hexachlorobutadiène (normalisation au TL, pas de conversion possible, n. d. : non disponible, NQE 55 µg/kg). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ..... 54
- Figure 15 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Hexabromocyclododécane (normalisation au TL, NQE 167 µg/kg PF) et PBDE selon la DCE (normalisation au TL, NQE : 0,0085 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ. 55
- Figure 16 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Hexachlorobenzène (normalisation au taux de lipides, NQE : 10 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ. 55
- Figure 17 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL), pas de conversion possible, n. d. : non disponible, NQE : 0,0067 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ. 56
- Figure 18 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 1 : mercure (normalisation au TMS ; conversion au poisson entier, NQE : 20 µg/kg PF) et PFOS (normalisation au TMS, conversion au filet, NQE : 9,1 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ..... 58
- Figure 19 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 2 : PCDD/F+PCB de type dioxine (normalisation au TL, conversion au filet, NQE : 0,0065 µg/kg PF) et hexachlorobutadiène (normalisation au TL, échantillons de filet et de poisson entier, NQE : 55 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexachlorobutadiène : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ. 58

| | | |
|-------------|--|----|
| Figure 20 : | Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 3 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL, conversion au poisson entier, NQE : 167 µg/kg PF) et PBDE selon la DCE (normalisation au TL, conversion au filet, NQE : 0,0085 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexabromocyclododécane : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ..... | 59 |
| Figure 21 : | Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 4 : hexachlorobenzène (normalisation au TL ; conversion au filet, NQE : 10 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexachlorobenzène : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ..... | 59 |
| Figure 22 : | Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 5 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL, échantillons de filet et de poisson entier, NQE : 0,0067 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ..... | 60 |
| Figure 23 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 1 : mercure (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 68 |
| Figure 24 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 2 : PFOS (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 68 |
| Figure 25 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 69 |
| Figure 26 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 4 : hexachlorobutadiène (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 69 |
| Figure 27 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 5 : hexabromocyclododécane (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 70 |
| Figure 28 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 6 : PBDE selon la DCE (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 70 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figure 29 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 7 : hexachlorobenzène (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 71 |
| Figure 30 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 9 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 71 |
| Figure 31 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 1 : mercure (normalisation au TMS ; y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 79 |
| Figure 32 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 2 : PFOS (normalisation au TMS ; y compris TMS de substitution ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 79 |
| Figure 33 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 80 |
| Figure 34 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 4 : hexachlorobutadiène (normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 80 |
| Figure 35 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 5 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 81 |
| Figure 36 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 6 : PBDE selon la DCE (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 81 |
| Figure 37 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 7 : hexachlorobenzène (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 82 |
| Figure 38 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 9 : Heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ)..... | 82 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Figure 39 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Mercure (sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores)..... | 86 |
| Figure 40 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : PFOS (sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores). | 87 |
| Figure 41 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation, conversion au filet, omnivores et carnivores). | 88 |
| Figure 42 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 4 : Hexachlorobutadiène (sans normalisation, filet et poisson entier, omnivores et carnivores). | 89 |
| Figure 43 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 5 : Hexabromocyclododécane (sans normalisation ; conversion au poisson entier, omnivores et carnivores). | 90 |
| Figure 44 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 6 : PBDE selon la DCE (sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores). | 91 |
| Figure 45 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 7 : Hexachlorobenzène (sans normalisation, conversion au filet, omnivores et carnivores). | 92 |
| Figure 46 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 9 : Heptachlore et époxyde d'heptachlore (sans normalisation, filet et poisson entier, omnivores et carnivores). | 93 |
| Figure 47 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Mercure (normalisation au TMS, y compris TMS de substitution, conversion au poisson entier, uniquement omnivores)..... | 97 |
| Figure 48 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : PFOS (normalisation au TMS, y compris TMS de substitution, conversion au filet, uniquement omnivores). | 98 |
| Figure 49 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL, conversion au filet, omnivores et carnivores)..... | 99 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figure 50 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 4 : hexachlorobutadiène (normalisation au TL, filet et poisson entier, omnivores et carnivores)..... | 100 |
| Figure 51 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 5 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL ; conversion au poisson entier, omnivores et carnivores)... | 101 |
| Figure 52 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 6 : PBDE selon la DCE (normalisation au TL, conversion au filet, uniquement omnivores). | 102 |
| Figure 53 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 7 : hexachlorobenzène (normalisation au TL, conversion au filet, omnivores et carnivores)..... | 103 |
| Figure 54 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 9 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL, filet et poisson entier, omnivores et carnivores)..... | 104 |
| Figure 55 : | Graphique synoptique des espèces de coquillages capturées (valeurs absolues) par an..... | 107 |
| Figure 56 : | Distribution des espèces de coquillages capturées par an (pourcentages annuels). | 108 |
| Figure 57 : | Synthèse des nombres d'échantillons par masse d'eau et par genre de coquillage capturé (Rhin et Neckar). | 109 |
| Figure 58 : | Synthèse des nombres d'échantillons par masse d'eau et par genre de coquillage capturé (Moselle, Lahn, Meurthe, Sarre et autres). | 110 |
| Figure 59 : | Taux de lipides et de matières sèches dans les différentes espèces de coquillages du groupe d'échantillons total, entre parenthèses : nombre d'échantillons. | 111 |
| Figure 60 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse du fluoranthène, du benzo(a)pyrène et des dioxines et PCB de type dioxine séparés en fonction du genre du coquillage. Sans normalisation ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 115 |
| Figure 61 : | Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse du fluoranthène, du benzo(a)pyrène et des dioxines et PCB de type dioxine séparés en fonction du genre du coquillage. Toutes les données sont normalisées au taux de lipides ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ). | 119 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figure 62 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Fluoranthène (sans normalisation, Corbicula et Dreissena). | 122 |
| Figure 63 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : Benzo(a)pyrène (sans normalisation, Corbicula et Dreissena). | 123 |
| Figure 64 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation, Corbicula et Dreissena). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg (Rhin et Neckar) a transmis des données sur les PCDD/F+PCB type dioxine dans les coquillages. | 124 |
| Figure 65 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : fluoranthène (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena). | 127 |
| Figure 66 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : benzo(a)pyrène (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena). | 128 |
| Figure 67 : | Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg (Rhin et Neckar) a transmis des données sur les PCDD/F+PCB type dioxine dans les coquillages. | 129 |
| Figure 68 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1A : mercure dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF). | 143 |
| Figure 69 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1B : mercure dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF). | 144 |
| Figure 70 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2A : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). | 145 |
| Figure 71 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2B : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). | 146 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figure 72 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2C : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). | 147 |
| Figure 73 : | Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2D : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). | 148 |
| Figure 74 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3A : PCDD/F + PCB type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF). | 149 |
| Figure 75 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3B : PCDD/F + PCB type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF). | 150 |
| Figure 76 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4A : hexachlorobutadiène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF). | 151 |
| Figure 77 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4B : hexachlorobutadiène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF). | 152 |
| Figure 78 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5A : hexabromocyclododécane dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF). | 153 |
| Figure 79 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5B : hexabromocyclododécane dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF). | 154 |
| Figure 80 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6A : PBDE selon la DCE dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet ; uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF). | 155 |
| Figure 81 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6B : PBDE selon la DCE dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF). | 156 |
| Figure 82 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7A : hexachlorobenzène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF). | 157 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figure 83 : | Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7B : hexachlorobenzène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF). | 158 |
| Figure 84 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9A : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF)..... | 159 |
| Figure 85 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9B : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF)..... | 160 |
| Figure 86 : | teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1A : fluoranthène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 30 µg/kg PF). | 161 |
| Figure 87 : | teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1B : fluoranthène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 30 µg/kg PF). | 162 |
| Figure 88 : | teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2A : benzo(a)pyrène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 5 µg/kg PF). | 163 |
| Figure 89 : | teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2B : benzo(a)pyrène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 5 µg/kg PF)..... | 164 |
| Figure 90 : | teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3A : PCDD/F et PCB de type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine. | 165 |
| Figure 91 : | Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3B : PCDD/F et PCB de type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine. | 166 |
| Figure 92 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1A : mercure dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF)..... | 167 |
| Figure 93 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1B : mercure dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF). | 168 |
| Figure 94 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2A : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF)..... | 169 |

| | | |
|--------------|--|-----|
| Figure 95 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2B : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). 9,1 µg/kg PF | 170 |
| Figure 96 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2C : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL y compris TMS de substitution ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF)..... | 171 |
| Figure 97 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2d : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL y compris TMS de substitution ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF). | 172 |
| Figure 98 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3A : PCDD/F + PCB type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF)..... | 173 |
| Figure 99 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3B : PCDD/F + PCB type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF)..... | 174 |
| Figure 100 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4A : hexachlorobutadiène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF). | 175 |
| Figure 101 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4B : hexachlorobutadiène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF). | 176 |
| Figure 102 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5A : hexabromocyclododécane dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF). | 177 |
| Figure 103 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5B : hexabromocyclododécane dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF). | 178 |
| Figure 104 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6A : PBDE selon la DCE dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet ; uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF). | 179 |
| Figure 105 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6B : PBDE selon la DCE dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF). | 180 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| Figure 106 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7A : hexachlorobenzène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF). | 181 |
| Figure 107 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7B : hexachlorobenzène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF). | 182 |
| Figure 108 : | teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9A : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF)..... | 183 |
| Figure 109 : | Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9B : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF)..... | 184 |
| Figure 110 : | Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1A : fluoranthène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 30 µg/kg PF)..... | 185 |
| Figure 111 : | Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1B : fluoranthène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 30 µg/kg PF). | 186 |
| Figure 112 : | Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2A : benzo(a)pyrène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 5 µg/kg PF)..... | 187 |
| Figure 113 : | Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2B : benzo(a)pyrène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 5 µg/kg PF). | 188 |
| Figure 114 : | Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3A : PCDD/F et PCB de type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine. | 189 |
| Figure 115 : | Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3B : PCDD/F et PCB de type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine. | 190 |

1 Introduction et contexte

Des poissons sont échantillonnés depuis de nombreuses années dans le cadre du monitoring du biote. Les stratégies diffèrent cependant fortement en fonction des questions posées et des objectifs de protection.

Quand la protection de la santé humaine est au premier plan, les analyses portent principalement sur des poissons de consommation. Les teneurs maximales autorisées, qui sont fixées dans le règlement (CE) n° 2023/915 de la Commission, se réfèrent ici habituellement à la chair musculaire de poissons de consommation sélectionnés. La norme fixée pour le poisson entier ne s'applique que si le poisson est destiné à être consommé dans son intégralité.

En revanche, la directive cadre sur l'eau en vigueur depuis l'an 2000 (DCE) (UE, 2000) vise à la fois la protection de l'homme et celle de l'environnement. Son objectif est d'identifier, dans le cadre de cycles de contrôle réguliers, la qualité des eaux à l'aide de substances polluantes (« prioritaires ») particulièrement problématiques pour l'environnement. Pour ces substances, des NQE ont été déterminées. Elles ont vocation à orienter les actions nécessaires (par ex. des mesures de réduction des émissions). Un contrôle dans le biote est prévu pour quelques substances prioritaires difficiles à mesurer dans la phase aqueuse en raison de leurs propriétés physico-chimiques. Les NQE correspondantes concourent à la fois aux objectifs de protection de la santé humaine et des animaux sauvages contre l'empoisonnement secondaire ; c'est pourquoi la valeur limite de l'objectif de protection le plus sensible a été retenue pour la fixation de la NQE (UE 2013). 11 de ces substances bioaccumulables et groupes de substances doivent être contrôlés dans les poissons ou les crustacés et mollusques (cf. Tableau 21).

Jusqu'en 2013, les données recensées dans le bassin du Rhin pour la surveillance sont cependant très hétérogènes. Les espèces, tailles et nombres de poissons varient selon le programme d'analyse considéré, de même que la matrice analysée (filet ou poisson entier). Il en résulte que les données ne sont comparables que dans une mesure restreinte. Au sein d'un même district hydrographique, les données sont souvent si hétérogènes qu'il est difficile de comparer les pressions d'une région à l'autre (CIPR, 2011 ; Foekema et al., 2016).

Au regard de ces difficultés, la Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR) a réalisé en 2014/2015 le premier programme commun d'analyse de la contamination du biote par des polluants dans le bassin du Rhin (CIPR, 2014 ; CIPR 2018), un projet pilote qui couvre simultanément les dispositions juridiques du droit de l'eau européen ainsi que du droit alimentaire et sanitaire dans la plus grande mesure possible. Le but a ici été de créer une base de données comparables et fiables sur la gestion commune des contaminations du biote/des poissons dans le district hydrographique du Rhin.

À présent, cette évaluation commune est réitérée, cette fois sur la base des données de 2015 à 2022/2023.

Le « projet de mise en cohérence d'analyses de la contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin, établi dans le cadre du quatrième cycle de gestion DCE 2021 - 2027 » (CIPR, 2019), a servi de base pour le monitoring.

Les données d'analyse fournies par les États ont d'abord été structurées et vérifiées. Le présent rapport présente l'évaluation des données de monitoring.

2 Base de données

Les tableaux de données mesurées et de métadonnées mis à disposition par les membres de la CIPR participants comprennent 224 échantillons de poissons et 121 échantillons de coquillages et constituent la base de données. Ils ont été compilés par la CIPR, qui a séparé les données des poissons de celles des coquillages, puis les a mises à disposition du prestataire sous forme de tableaux numériques. Pour les poissons, la base de données d'origine comprend près de 7 900 entrées de données analytiques en plus des informations correspondantes sur les prélèvements et des métadonnées. Le jeu de données pour les coquillages comprend à l'origine près de 560 données analytiques.

Le taux de lipides faisait défaut dans 3 % des échantillons de poissons et 15 % des échantillons de coquillages. Le taux de matières sèches n'était pas indiqué dans 38 % des échantillons de poissons et dans 23 % des échantillons de coquillages. Ces valeurs sont nécessaires par rapport à un poisson standard pour la normalisation des polluants mesurés, ceci pour pouvoir comparer les données entre elles et contrôler les normes. Les échantillons dans lesquels le taux de lipides était absent n'ont pas été pris en compte dans la suite de l'analyse. En revanche, on a pris en compte les échantillons dans lesquels le taux de matières sèches manquait en appliquant le taux moyen de matières sèches des autres échantillons considéré comme une bonne estimation.

Une synthèse des jeux de données a été effectuée en séparant les poissons des coquillages dans les chapitres de résultats correspondants (poissons : 4.1.1 ; coquillages : 4.2.1). Une synthèse plus détaillée des échantillons ainsi que des données biométriques correspondantes se trouve dans le Tableau 22 (poissons) et le Tableau 23 (coquillages) en annexe A4. Les tableaux du chapitre 4 et des paragraphes suivants présentent les données (de poissons et de coquillages) après leur uniformisation et nettoyage ainsi que le regroupement des sites de prélèvement d'une masse d'eau.

Les masses d'eau du jeu de données sur les poissons sont présentées ci-après dans le Tableau 3 (y compris les sites de prélèvement en partie regroupés) et dans la carte synoptique de la Figure 1.

De la même manière, le tableau 5 et la figure 2 présentent toutes les masses d'eau des coquillages.

Si la ligne « Sites de prélèvement au sein des masses d'eau » reste vide dans les tableaux, ceci signifie qu'une seule station d'analyse portant le même nom se trouve dans la masse d'eau.

Tableau 3 : Aperçu des masses d'eau issues du jeu de données sur les poissons et les sites de prélèvement

| N° | Fleuve/rivière | Masse d'eau | Sites de prélèvement au sein des masses d'eau |
|----|----------------|----------------------------|--|
| 1 | Rhin | Fußach | |
| 2 | Rhin | Reckingen | Öhningen, Kadelburg, Hohentengen, Lienheim |
| 3 | Rhin | Weil | Weil am Rhein, Steinenstadt, Istein, Rheinfelden, Vieux Rhin |
| 4 | Rhin | Karlsruhe | Karlsruhe, Au am Rhein, Neuburgweier, Daxlanden, Iffezheim |
| 5 | Rhin | Mannheim | Mannheim, Ludwigshafen, Linkenheim, Karlsruhe |
| 6 | Rhin | Petersau | Petersau, débouché du Neckar |
| 7 | Rhin | Budenheim | |
| 8 | Rhin | St. Goar | Coblence, St. Goarshausen, Sankt Sebastian (Andernach), St. Goar |
| 9 | Rhin | Bad Honnef | |
| 10 | Rhin | Clèves-Bimmen | |
| 11 | Rhin | Lobith | |
| 12 | Rhin | Hollandsch Diep | |
| 13 | Rhin | Nieuwe Waterweg | |
| 14 | Rhin | Ketelmeer | |
| 15 | Rhin | IJsselmeer | |
| 16 | Neckar | Kirchentellinsfurt | Rottenburg, Nürtingen, Kirchentellinsfurt, Tübingen |
| 17 | Neckar | Besigheim | Besigheim, Stuttgart Hofen, Esslingen/Zell, Mundelsheim, Ludwigsburg, Altbach, Altarm Pleidelsheim |
| 18 | Neckar | Kochendorf | Bad Friedrichshall, Lauffen am Neckar, Neckarsulmer Altarm, Neckarsulm, Heilbronn |
| 19 | Neckar | Mannheim | Neckargmünd, Ilvesheim, Obrigheim, Mannheim |
| 20 | Moselle | Tonnoy | |
| 21 | Moselle | Livardun | |
| 22 | Moselle | Millery – Vandières | Millery, Vandières |
| 23 | Moselle | Uckange – Sierck | Uckange, Manom, Sierck |
| 24 | Moselle | Palzem | Palzem, Grevenmacher, Perl |
| 25 | Moselle | Detzem | Pöhlich (barrage de Detzem), Detzem, Lehmen, Coblence |
| 26 | Sarre | Sarraltroff | |
| 27 | Sarre | Keskastel | |
| 28 | Sarre | Güdingen/Grosbliederstroff | Grosbliederstroff (Amont), Güdingen/Grosbliederstroff |

| N° | Fleuve/rivière | Masse d'eau | Sites de prélèvement au sein des masses d'eau |
|----|----------------|--------------------|---|
| 29 | Sarre | Fremersdorf | |
| 30 | Sarre | Schoden | |
| 31 | Lahn | Solms-Oberbiel | |
| 32 | Lahn | Limburg | |
| 33 | Lahn | Nievern | |
| 34 | Sûre | Erpeldange | |
| 35 | Sûre | Metzdorf | |
| 36 | Meurthe | Saint-Clément | |
| 37 | Meurthe | Damelevières | |
| 38 | Alzette | Ettelbrück | |
| 39 | Blies | Reinheim | |
| 40 | Kinzig | Hanau | |
| 41 | Lippe | Wesel | |
| 42 | Main | Bischofsheim | |
| 43 | Ruhr | Mülheim-Kahlenberg | |
| 44 | Schwarzbach | Trebur-Astheim | |
| 45 | Weschnitz | Biblis-Wattenheim | |
| 46 | Wupper | Opladen | |

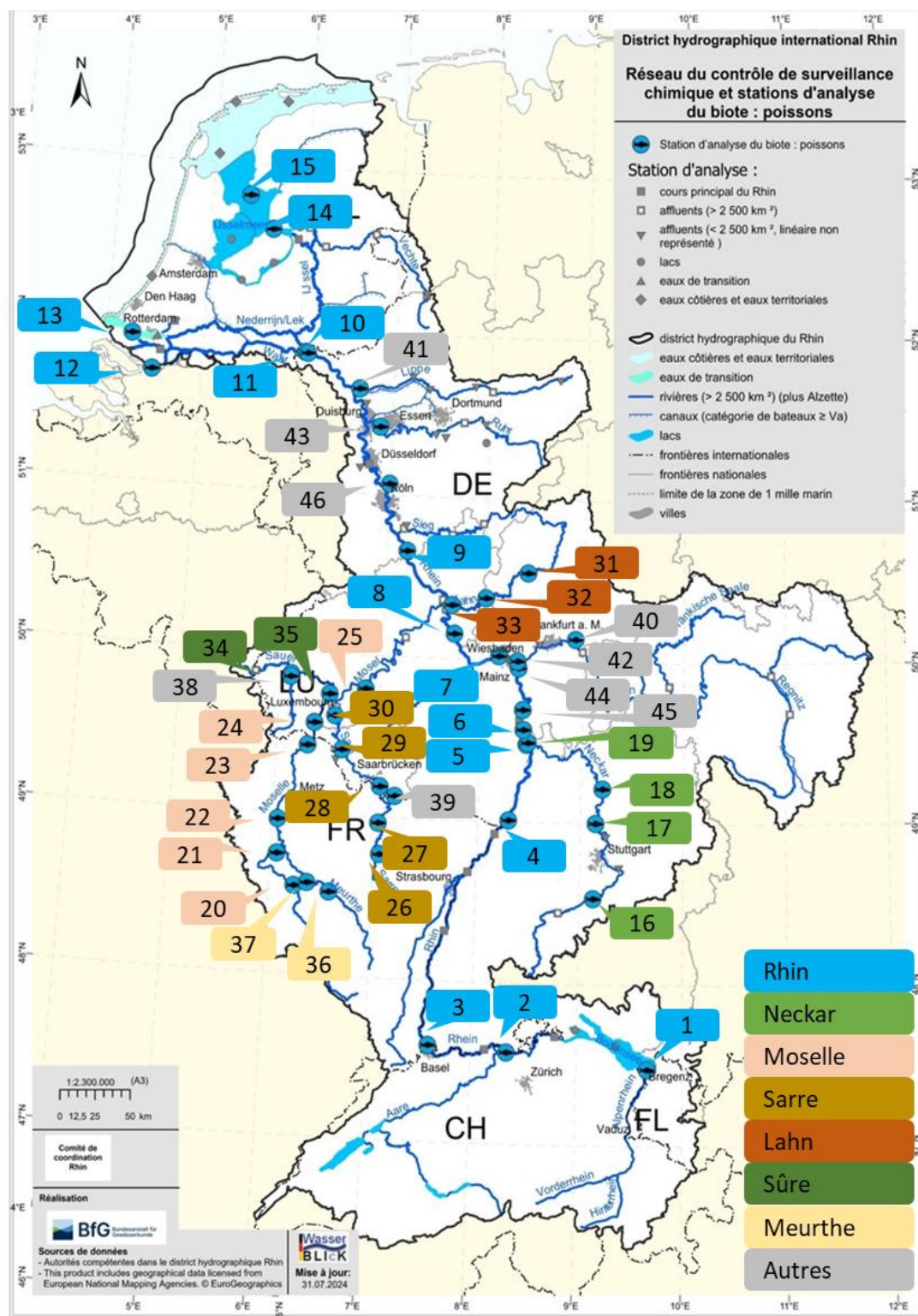


Figure 1 : Carte synoptique de toutes les masses d'eau pour les poissons (légende : voir Tableau 3).

Tableau 4 : Aperçu des masses d'eau issues du jeu de données sur les coquillages et les sites de prélèvement

| N° | Fleuve/rivière | Masse d'eau | Sites de prélèvement au sein des masses d'eau |
|----|----------------|---------------------|--|
| 1 | Rhin | Reckingen | Öhningen, Kadelburg, Hohentengen, Lienheim |
| 2 | Rhin | Weil | Weil am Rhein, Steinenstadt, Istein, Rheinfelden, Vieux Rhin |
| 3 | Rhin | Karlsruhe | Karlsruhe, Au am Rhein, Neuburgweier, Daxlanden, Iffezheim |
| 4 | Rhin | Spire | |
| 5 | Rhin | Mannheim | Mannheim, Ludwigshafen, Linkenheim, Karlsruhe |
| 6 | Rhin | Petersau | Petersau, débouché du Neckar |
| 7 | Rhin | Budenheim | |
| 8 | Rhin | St. Goar | Coblence, St. Goarshausen, Sankt Sebastian (Andernach), St. Goar |
| 9 | Rhin | Lobith | |
| 10 | Rhin | Hollands Diep | |
| 11 | Rhin | Nieuwe Maas | |
| 12 | Rhin | Ketelmeer | |
| 13 | Rhin | IJsselmeer | |
| 14 | Neckar | Besigheim | Besigheim, Stuttgart Hofen, Esslingen/Zell, Mundelsheim, Ludwigsburg, Altbach, Altarm Pleidelsheim |
| 15 | Neckar | Kochendorf | Bad Friedrichshall, Lauffen am Neckar, Neckarsulmer Altarm, Neckarsulm, Heilbronn |
| 16 | Neckar | Mannheim | Neckargmünd, Ilvesheim, Obrigheim, Mannheim |
| 17 | Moselle | Tonnoy | |
| 18 | Moselle | Liverdun | |
| 19 | Moselle | Millery – Vandières | Millery, Vandières |
| 20 | Moselle | Uckange – Sierck | Uckange, Manom, Sierck |
| 21 | Moselle | Palzem | Palzem, Grevenmacher, Perl |
| 22 | Moselle | Detzem | Pöhlich (barrage de Detzem), Detzem, Lehmen, Coblence |
| 23 | Meurthe | Saint-Clément | |
| 24 | Meurthe | Bouxières | |
| 25 | Sarre | Sarraltroff | |
| 26 | Sarre | Grosbliederstroff | Grosbliederstroff (Amont), Gündingen/Grosbliederstroff |
| 27 | Sarre | Schoden | |
| 28 | Lahn | Limburg | |
| 29 | Lahn | Solms-Oberbiel | |
| 30 | Nidda | Nied | |
| 31 | Kinzig | Hanau | |
| 32 | Schwarzbach | Trebur-Astheim | |
| 33 | Weschnitz | Biblis-Wattenheim | |

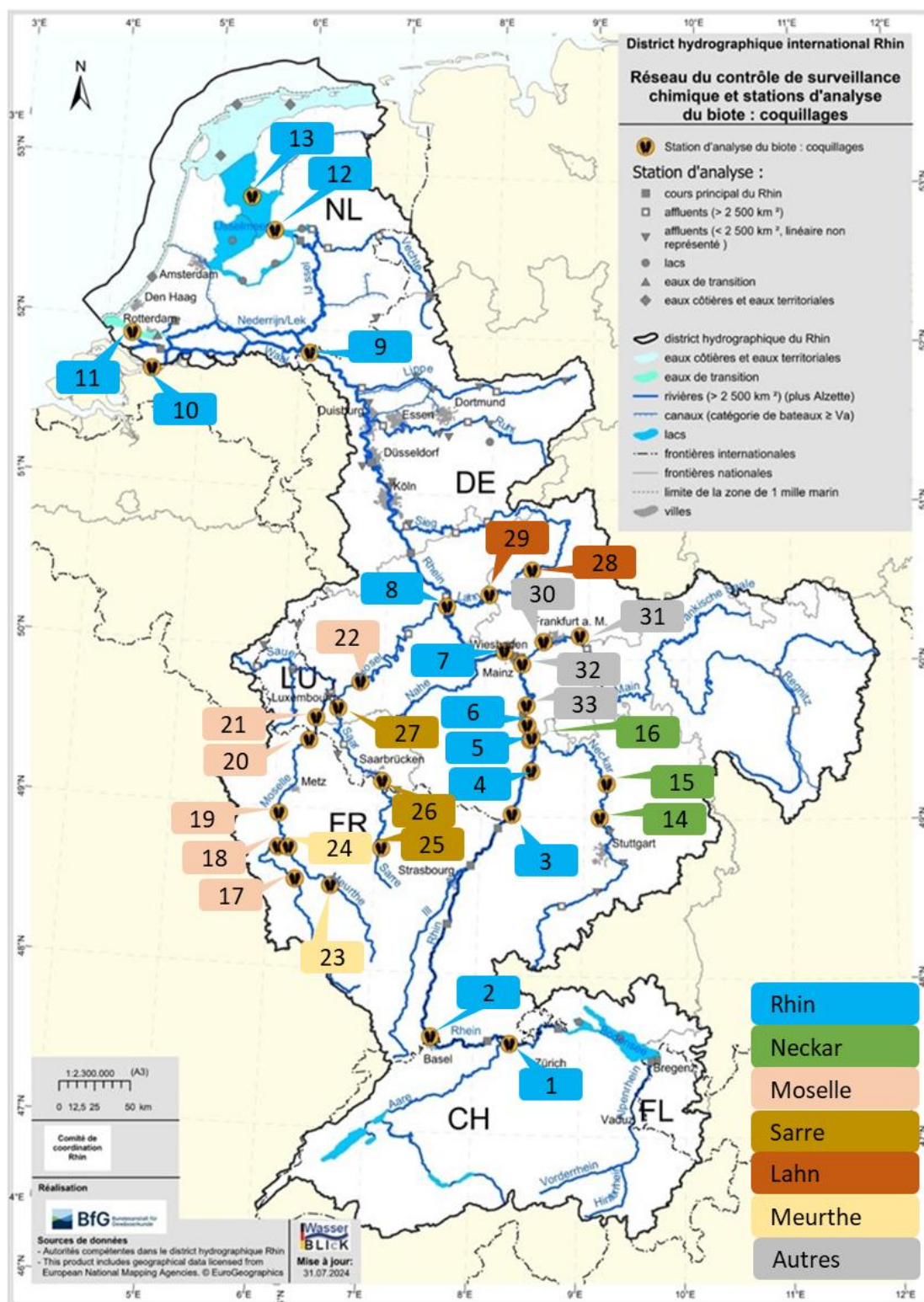


Figure 2 : Carte synoptique de toutes les masses d'eau pour les coquillages (légende : voir Tableau 4).

3 Traitement des données et évaluation

Les fichiers Excel susmentionnés ont été mis à la disposition du prestataire et servent de base pour l'évaluation des données. Le prestataire a ensuite vérifié manuellement les entrées, les a uniformisées et préparées pour l'évaluation ultérieure.

Le traitement des données couvre les étapes suivantes :

- Identification des lignes à attribuer à un échantillon
- Attribution d'un ID individuel à chaque échantillon
- Uniformisation des noms et désignations, p. ex. correction des fautes de frappe, uniformisation et traduction des termes et noms de substance
- Correspondance avec le mandant en cas de données peu claires ou anormales
- Ajout et remplissage d'une colonne pour l'année de prélèvement
- Formatage des chiffres enregistrés sous forme de texte en valeurs numériques exploitables
- Uniformisation du signe décimal (virgule)
- Ajout d'une colonne pour distinguer les valeurs servant à l'évaluation ultérieure, pour mieux filtrer les données pertinentes
- Conversion de tous les résultats de mesures en une unité « µg/kg PF »
- Référence au poids frais pour toutes les valeurs (hypothèse adoptée)
- Uniformisation des valeurs en-dessous de la limite de quantification correspondante avec la mention « < LQ »
- Calcul manuel de paramètres globaux pour certains groupes de substances quand cela a été nécessaire et possible
- Conversion des taux de lipides et de masses sèches en pourcentage [%] quand ce n'était pas encore fait
- Conversion des valeurs non normalisées en taux de lipides et de masses sèches normalisés
- Conversion des concentrations dans le filet au poisson entier et du poisson entier au filet (quand des facteurs de conversion étaient disponibles)
- Inclusion des jeux de données fournis ultérieurement et des informations complémentaires
- Regroupement des sites de prélèvement d'une même masse d'eau conformément aux dispositions de la CIPR
- Vérification de tous les résultats de mesures non normalisés et normalisés par rapport à la norme de qualité environnementale

Le calcul des valeurs normalisées au taux de lipides ou de matières sèches est effectué selon les formules suivantes :

Normalisation au taux de lipides (TL) :

$$Conc_{normalisé\ au\ taux\ de\ lipides} = \frac{Conc_{Poids\ frais} * Taux\ de\ lipides_{Normalisation}}{Taux\ de\ lipides_{mesuré}}$$

Normalisation au taux de matières sèches (TMS) :

$$Conc_{normalisé\ au\ TMS} = \frac{Conc_{Poids\ frais} * TMS_{Normalisation}}{TMS_{mesuré}}$$

Conformément au cahier des charges et au document guide de l'UE n° 32 sur le monitoring du biote dans le cadre de la directive cadre Eau (UE, 2014), la normalisation pour les poissons se fait à un taux de lipides de 5,0 % et à un taux de matières sèches de 26 %. Pour les coquillages, elle se fait à des taux de lipides de 1,0 % et de matières sèches de 8,3 %. Conformément aux dispositions du document guide n° 32 (UE, 2014), les substances lipophiles sont normalisées au taux de lipides. Les substances protéinophiles (PFOS, mercure) sont normalisées au taux de matières sèches. Un classement correspondant figure dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Résumé des substances et groupes de substances analysés et de la normalisation à appliquer, du tissu privilégié pour le contrôle de la NQE et des facteurs de conversion pour les concentrations du filet au poisson entier selon Radermacher et al. (2019) (n. d. : non disponible).

| (Groupe de substance(s)) | Normalisation | Enjeu primaire | Échantillon | Coefficient de conversion filet -> poisson entier |
|--------------------------|-------------------------|----------------|----------------|--|
| Benzo(a)pyrène | Taux de lipides | Santé humaine | - | Non applicable (crustacés, mollusques) |
| Dicofol | Taux de lipides | Ecosystème | Poisson entier | n. d. |
| Fluoranthène | Taux de lipides | Santé humaine | - | Non applicable (crustacés, mollusques) |
| HC + HCE | Taux de lipides | Santé humaine | Filet | n. d. |
| HBCDD | Taux de lipides | Ecosystème | Poisson entier | 1,76 |
| HCB | Taux de lipides | Santé humaine | Filet | 3,57 |
| HCBD | Taux de lipides | Ecosystème | Poisson entier | n. d. |
| PFOS | Taux de matières sèches | Santé humaine | Filet | 2,65 |
| PBDE | Taux de lipides | Santé humaine | Filet | 5,41 |
| PCDD/F + dl-PCB | Taux de lipides | Santé humaine | Filet | 5,25 |
| Hg | Taux de matières sèches | Ecosystème | Poisson entier | 0,812 |

Comme il n'a pas toujours été possible, pour les poissons, de normaliser au taux de matières sèches en raison du manque de données sur ce taux, des valeurs de substitution ont été déduites pour le tableau synthétique des teneurs polluantes normalisées, pour la comparaison spatiale et pour les cartes de pression. Cela a été possible dans le cas des taux de matières sèches manquants, car ils varient peu entre les espèces de poissons et au sein d'une même espèce. Les valeurs de substitution sont les médianes de toutes les espèces de poissons ainsi que les médianes respectives des échantillons de filets et de poissons entiers. Les taux médians de matières sèches sont de 21,5 % dans le filet et de 25,9 % dans le poisson entier. Dans le jeu de données des poissons, l'application de cette méthode n'a été nécessaire que pour les PFOS et le mercure, car les autres substances ont été normalisées au taux de lipides. En raison des variations importantes entre les espèces de poissons et au sein d'une même espèce, aucune valeur de substitution n'a été utilisée pour les taux de lipides manquants.

Une évaluation sans normalisation a été effectuée parallèlement à l'évaluation des valeurs normalisées au taux de matières sèches ou au taux de lipides.

En fonction de la méthode privilégiée par chaque membre de la CIPR, les données de poissons soumises se réfèrent soit au filet soit au poisson entier. En fonction de l'enjeu de la norme de qualité environnementale en question, les données analytiques ont été converties au tissu d'échantillonnage concerné quand des facteurs de conversion correspondants étaient disponibles. Les valeurs citées par Radermacher et al. (2019) dans le rapport final d'un projet de l'UBA sont utilisées en tant que facteurs de conversion pour les concentrations du filet au poisson entier. Les tissus de poisson privilégiés pour le contrôle de la NQE ainsi que les facteurs de conversion correspondants du filet au poisson entier sont présentés dans le Tableau 5. Pour la conversion du poisson entier au filet, le facteur de conversion respectif a été utilisé.

Pour un meilleur aperçu des données mesurées, des graphiques de type boîte à moustaches présentant la répartition des valeurs ont été élaborés. Les boîtes à moustaches couvrent la plage du 25^e au 75^e percentile. La ligne du milieu dans chaque boîte représente la médiane (50^e percentile). Les lignes verticales montrent l'ensemble de la plage de données allant des valeurs minimales aux maximales. La représentation graphique des boîtes à moustaches est possible dès lors que trois points de données au moins sont représentables (c'est-à-dire avec des teneurs supérieures aux limites de quantification). En principe, le calcul des médianes a été effectué dès que l'on disposait de deux points de données. Toutefois, il n'a toutefois pas été possible de représenter les résultats sous forme de boîtes à moustaches en raison des difficultés pour calculer les autres quartiles. Pour cette raison, les valeurs moyennes (à partir d'une valeur au moins supérieure à la limite de

quantification) sont généralement indiquées également sous forme de losanges dans les boîtes à moustaches.

Pour toutes les évaluations numériques (p. ex. moyenne, écarts types, médiane etc.) au sein de cette plage de données, les valeurs analytiques inférieures aux limites de quantification spécifiques n'ont pas été prises en compte. Étant donné que les limites de quantification n'étaient pas indiquées pour de nombreux échantillons, il a été impossible d'appliquer la méthode prescrite dans la directive 2009/90/CE consistant à intégrer dans l'évaluation la moitié de la limite de quantification pour les valeurs inférieures à cette limite.

Le traitement et l'évaluation statistique des jeux de données ont été faits au moyen de Microsoft Excel (Excel 2019 MSO (16.0.10416.20027) 64-Bit).

Ce rapport comprend des valeurs numériques arrondies en général à trois chiffres significatifs ou dans des cas particuliers à la décimale considérée la plus pertinente. Pour le calcul de ces valeurs, des valeurs avec plus de décimales, qui n'ont pas toujours pu être affichées dans ce rapport, ont parfois été utilisées. Les différences en découlant entre valeurs arrondies et non arrondies sont jugées minimales et négligeables.

Dans ce rapport, aucune distinction n'est faite entre le poids frais et le poids humide. Comme le terme « poids frais » est nettement plus répandu, le rapport utilise partout le terme « poids frais » comme synonyme.

4 Résultats et discussion

Au total, les données de 345 échantillons étaient disponibles et ont donc pu être prises en compte dans l'évaluation. Ces données proviennent de 224 échantillons de poissons et de 121 échantillons de coquillages. Les données sont décrites et évaluées séparément pour les échantillons de poissons et de coquillages dans les sous-chapitres suivants.

4.1 Échantillons de poissons

4.1.1 Description du jeu de données

Le jeu total de données évalué ici comprend les données de 224 échantillons de poissons. Le Tableau 6 donne un aperçu des données disponibles. Les échantillons analysés proviennent de 46 sites de prélèvement distincts dans 16 cours d'eau du bassin du Rhin (y compris le Rhin lui-même), sachant que les sites de prélèvement appartenant à une même masse d'eau au sens de la DCE ont été regroupés. La majorité de ces échantillons proviennent du filet. Seuls 15 % de tous les échantillons ont été analysés sous forme de poisson entier. Trois autres échantillons (1 %) provenant de la carcasse sont retirés du jeu de données et ne sont pas pris en compte car ils ne sont pas comparables. La plus grande partie des échantillons (95 %) sont des échantillons composites de plusieurs poissons d'une même espèce. Les 5 % restants sont des échantillons d'un seul poisson correspondant à des tailles des consommations. Pour les échantillons composites, il était visé de capturer si possible au moins 10 poissons. Cet objectif a pu être atteint pour 60 % des lots constitués (représentant 128 échantillons).

Les échantillons ont été prélevés de 2015 à 2022 ; ils sont inégalement répartis sur ces années. En raison du caractère cyclique des opérations de surveillance, la plupart des échantillons ont été prélevés au cours de la première (2015, 33 %) ou de la dernière année de suivi (2022, 26 %). Ainsi, près de 60 % de tous les échantillons proviennent de deux des huit années étudiées au total.

La base de données concernant les données biométriques des poissons est globalement satisfaisante. Des taux de lipides sont disponibles pour presque tous les échantillons (97 %), les taux de matières sèches uniquement pour 72 % des échantillons. Des informations sur la taille (longueur) sont disponibles pour pratiquement tous les échantillons sans exception. Elles ont pu être intégralement exploitées. Des informations sur le poids sont également disponibles pour presque tous les échantillons (98 %). Les informations sur l'âge sont certes disponibles pour une grande partie des échantillons (82 %), mais seule environ la moitié est exploitable en format numérique. Ainsi, les données indiquant « 3+ - 4+ » ou « 4-6 » par exemple ne sont pas exploitables en format numérique, étant donné qu'elles ne peuvent pas

être intégrées dans les calculs de moyennes ou d'autres évaluations statistiques. Le Tableau 6 dresse un aperçu des données disponibles.

Tableau 6 : Tableau synoptique des jeux de données évalués des échantillons de poissons.

| Groupe de paramètres | Paramètre | Nombre | Pourcentage |
|-------------------------|----------------------------------|--------|-------------|
| | Cours d'eau | 16 | - |
| | Masse d'eau | 46 | - |
| | Nombre d'échantillons (au total) | 224 | 100 % |
| Tissu d'échantillonnage | Filet | 190 | 85 % |
| | Poisson entier | 34 | 15 % |
| Échantillon | Échantillons instantanés | 12 | 5 % |
| | Échantillons composites | 212 | 95 % |
| | Aucune indication | 0 | 0 % |
| Année | 2015 | 74 | 33 % |
| | 2016 | 14 | 6 % |
| | 2017 | 13 | 6 % |
| | 2018 | 19 | 8 % |
| | 2019 | 17 | 8 % |
| | 2020 | 5 | 2 % |
| | 2021 | 24 | 11 % |
| | 2022 | 58 | 26 % |
| Biométrie | Taux de lipides | 218 | 97 % |
| | Matières sèches | 162 | 72 % |
| | Taille | 223 | 99,6 % |
| | Taille évaluable | 223 | 99,6 % |
| | Poids | 220 | 98 % |
| | Poids évaluable | 216 | 98 % |
| | Indication d'âge | 183 | 82 % |
| | Indication d'âge évaluable | 98 | 44 % |

Pour poursuivre l'évaluation des données, disposer d'un jeu de données complet, en particulier au regard des taux de lipides et de matières sèches, est particulièrement important, car ces taux sont nécessaires pour les travaux de normalisation. Ce n'est pas un problème pour les taux de lipides, très complets, mais les taux de matières sèches, qui font défaut dans 28 % des échantillons, font qu'environ seuls les trois quarts des valeurs disponibles à l'origine pour les substances normalisées au taux de matières sèches (mercure, PFOS) sont exploitables pour l'évaluation ultérieure des données normalisées. Pour cette raison, les taux médians de matières sèches de tous les échantillons de filets ou de poissons entiers ont été utilisés comme valeurs de substitution pour l'aperçu des teneurs polluantes et celui des comparaisons spatiales.

La Figure 3 présente la distribution du nombre absolu d'échantillons entre les différentes espèces de poissons et les années. Comme indiqué auparavant, la figure montre que la majorité des échantillons se concentrent sur les années 2015 et 2022. L'année 2020, avec cinq échantillons, présente un nombre particulièrement faible d'échantillons. Cela est dû aux cycles d'échantillonnage de la directive cadre Eau.

Aperçu des espèces de poissons

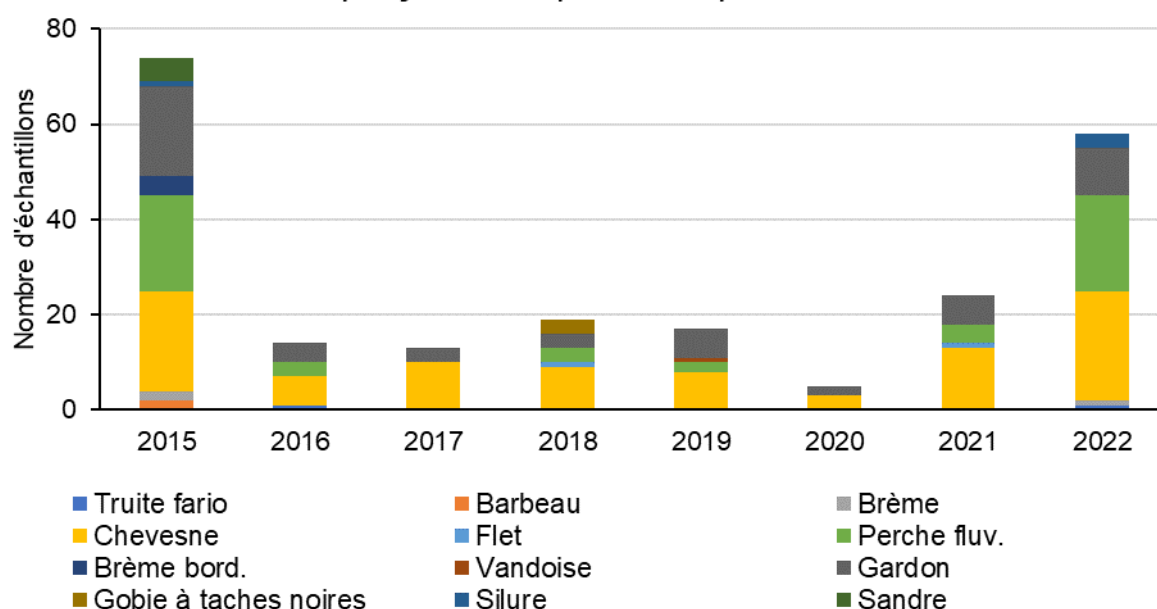


Figure 3 : Graphique synoptique des espèces de poissons capturées (valeurs absolues) par année.

Le jeu total de données comprend au total douze espèces différentes. Les trois espèces de poissons les plus fréquemment échantillonnées sont le chevesne, la perche fluviatile et le gardon. Sur la période totale étudiée, elles représentent 42 % (chevesne), 24 % (gardon) et 23 % (perche fluviatile) de tous les échantillons et couvrent ainsi au total près de 90 % de l'ensemble du jeu de données. Parmi les autres espèces de poissons analysées, on compte la truite fario, le barbeau, la brème, le flet (embouchure du Rhin dans la mer du Nord), la brème bordelière, la vandoise, le gobie à taches noires, le silure et le sandre. Elles représentent toutefois seule une petite partie (12 %) des 224 échantillons. La figure 4 présente la distribution en pourcentage des espèces de poissons sur les différentes années et en moyenne sur l'ensemble du jeu de données.

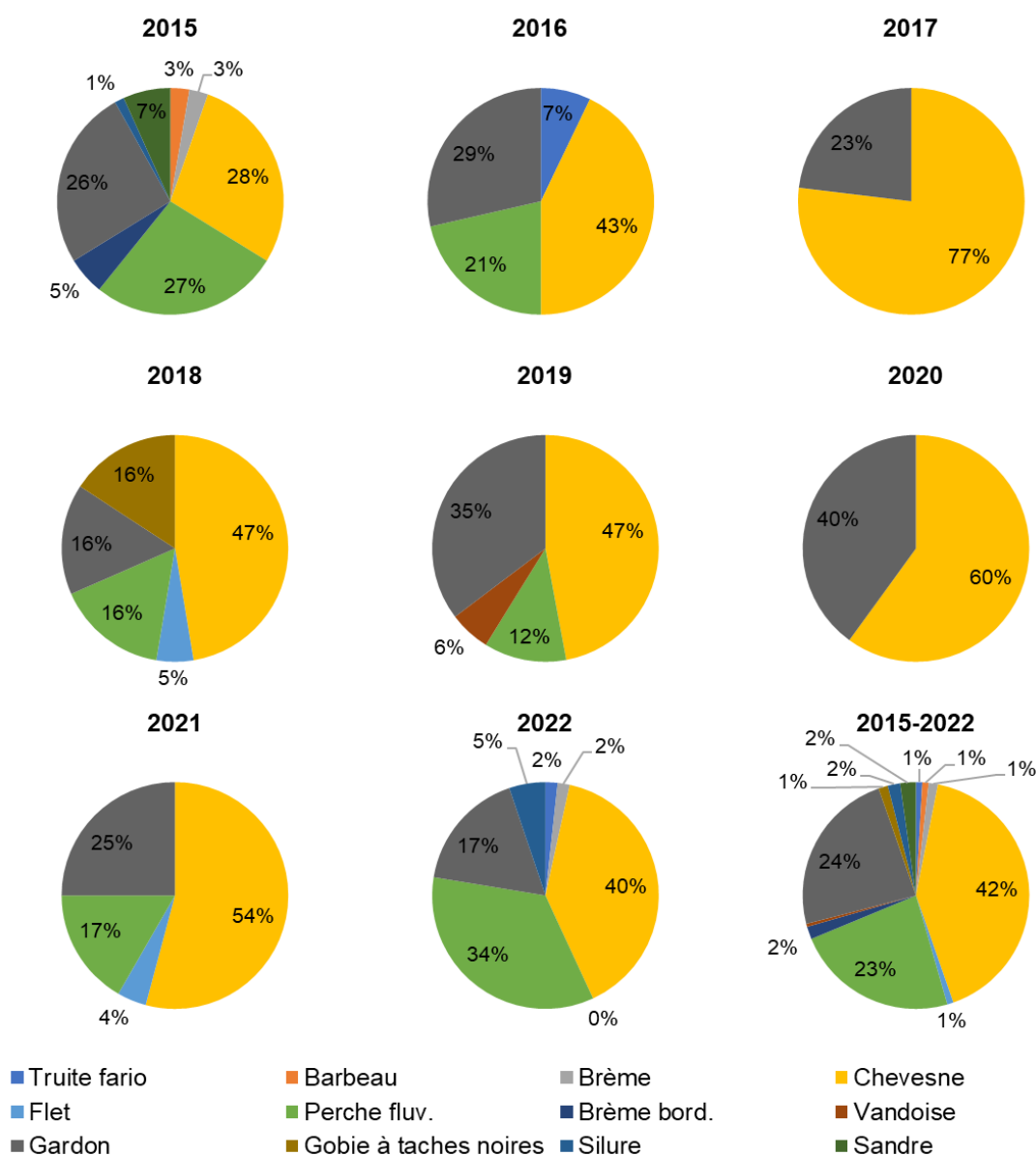


Figure 4 : Graphique synoptique des espèces de poissons capturées (valeurs relatives) par an.

La distribution du nombre d'échantillons de toutes les espèces de poissons sur les différents cours d'eau et sites de prélèvement est affichée dans la Figure 5 et la Figure 6. Sur l'ensemble des 46 masses d'eau des poissons et après regroupement des sites de prélèvements au sein d'une masse d'eau, 15 masses d'eau se trouvent directement sur le Rhin (33 %), six autres sur la Moselle (13 %), quatre sur le Neckar (9 %, Figure 5), cinq sur la Sarre (11 %), trois sur la Lahn (7 %), deux sur la Sûre et deux sur la Meurthe (4 %).

chacune), ainsi que neuf autres sur les cours d'eau Main, Alzette, Blies, Kinzig, Lippe, Ruhr, Schwarzbach, Weschnitz et Wupper (Figure 6).

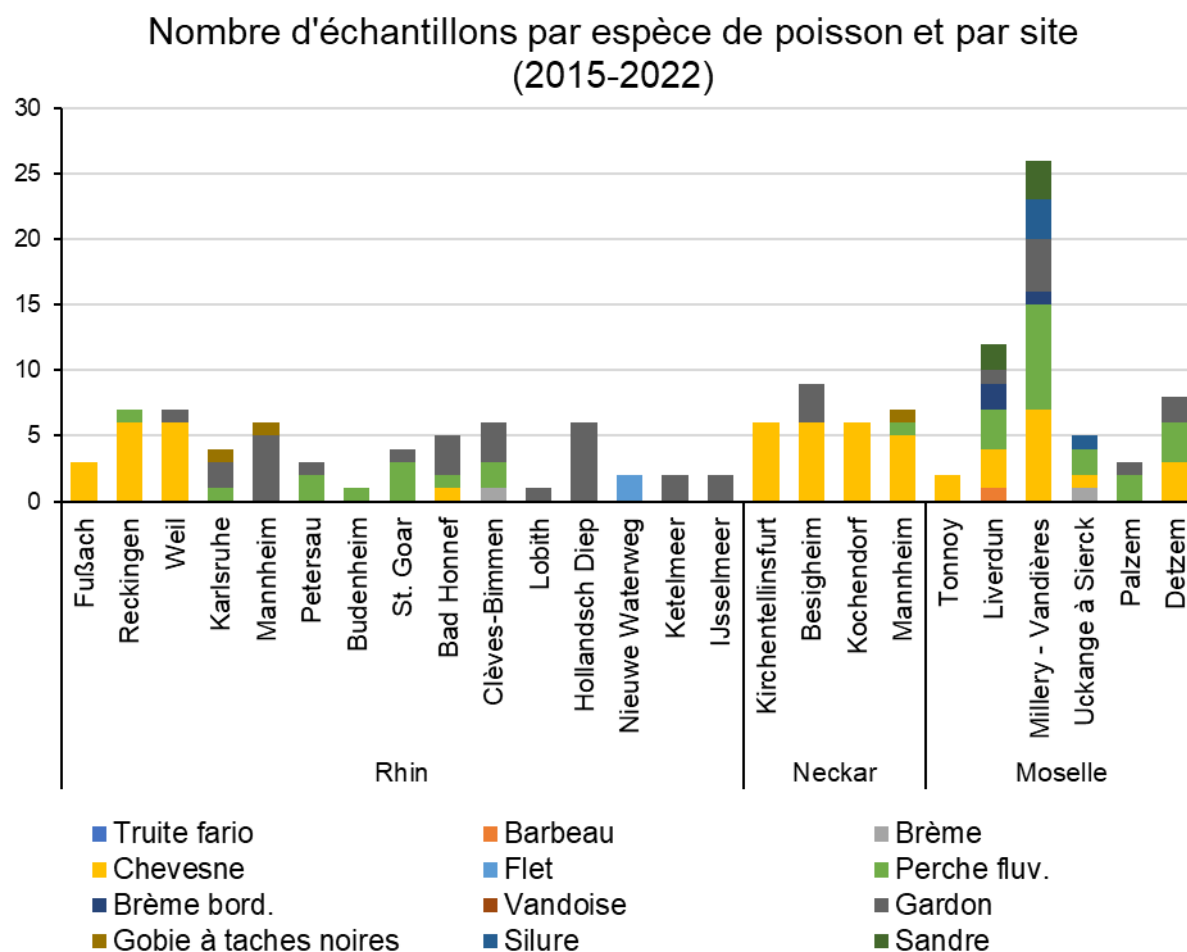


Figure 5 : Synthèse du nombre d'échantillons par masse d'eau et par espèce de poisson capturée (Rhin, Neckar, Moselle).

Nombre d'échantillons par espèce de poisson et par site (2015-2022)

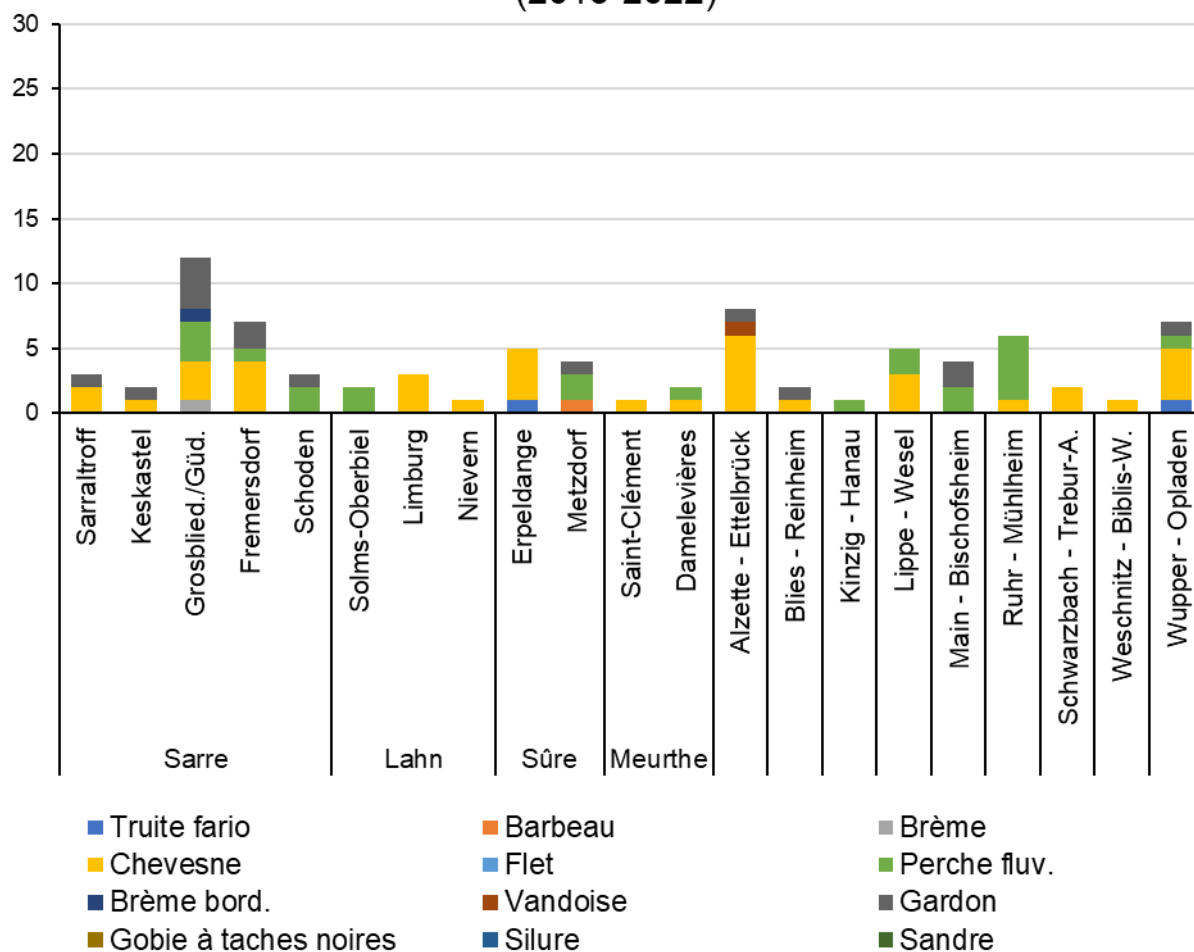


Figure 6 : Synthèse du nombre d'échantillons par masse d'eau et par espèce de poisson capturée (Sarre, Lahn, Sûre, Meurthe et autres).

4.1.2 Caractérisation des espèces de poissons

Comme décrit dans l'introduction, les données biométriques sont en majeure partie disponibles. Étant donné que seul un faible nombre d'échantillons était disponible pour la plupart des espèces de poissons, l'évaluation détaillée de la taille et du poids des poissons est faite ci-dessous uniquement pour les trois espèces de poissons prélevées le plus fréquemment (chevesne, perche fluviatile et gardon), qui représentent conjointement à peu près 90 % du jeu de données.

L'évaluation de la taille des poissons est faite par classes de taille avec des intervalles de 2 cm et la distribution est présentée dans la Figure 7. L'évaluation du poids est faite par intervalle de 50 g et est présentée dans la Figure 8.

Les paramètres descriptifs des tailles et des poids de poissons sont affichés sous forme de valeurs minimales, maximales, moyennes et médianes dans le Tableau 7 (tailles des poissons) et le tableau 8 (poids des poissons).

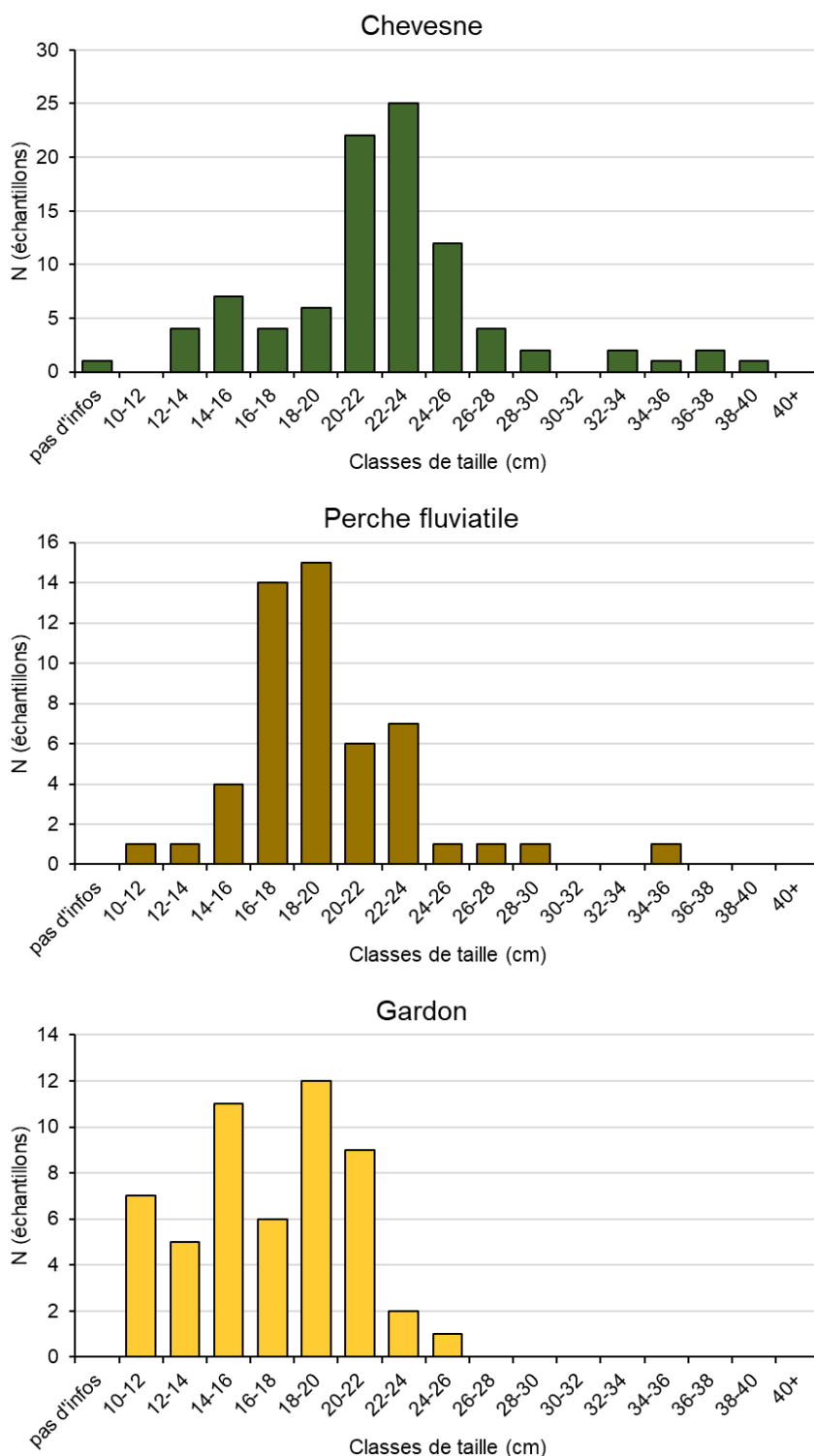


Figure 7 : Distribution de la taille des chevesnes, perches fluviatiles et gardons en classes de taille (en général valeurs moyennes d'un échantillon composite).

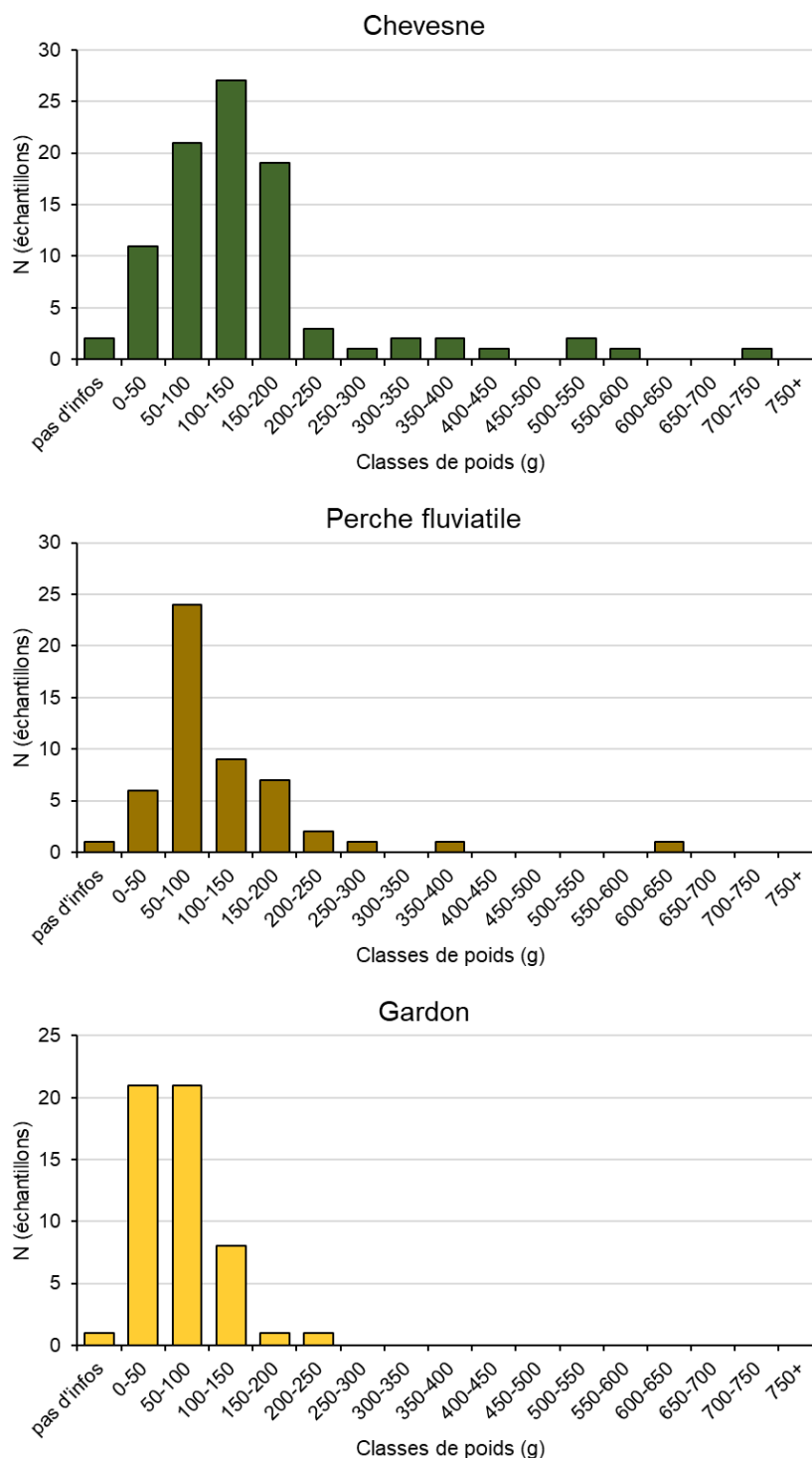


Figure 8 : Distribution du poids des chevesnes, perches fluviatiles et gardons en classes de poids (en général valeurs moyennes d'un échantillon composite).

Tableau 7 : Taille des différentes espèces de poissons : Paramètres descriptifs

| Taille des poissons | | | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|--------------|
| Espèce de poisson | Min [cm] | Max [cm] | Moyenne [cm] | Médiane [cm] | N (total) |
| Truite fario | 20,0 | 24,6 | 22,3 | 22,3 | 2 |
| Barbeau | 22,0 | 22,6 | 22,3 | 22,3 | 2 |
| Brème | 18,9 | 19,9 | 19,4 | 19,3 | 3 |
| Chevesne | 12,8 | 38,0 | 22,3 | 22,2 | 93 |
| Flet | 17,3 | 19,1 | 18,2 | 18,2 | 2 |
| Perche fluviatile | 11,5 | 34,6 | 19,5 | 18,8 | 52 |
| Brème bordelière | 16,3 | 19,6 | 18,4 | 18,8 | 4 |
| Vandoise | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 1 |
| Gardon | 10,1 | 25,7 | 16,9 | 17,3 | 53 |
| Gobie à taches noires | 12,7 | 14,3 | 13,3 | 12,8 | 3 |
| Silure | 66,0 | 80,0 | 73,3 | 73,5 | 4 |
| Sandre | 25,0 | 39,5 | 32,5 | 33,0 | 5 |
| Total | | | | | 224 |

Tableau 8 : Poids des différentes espèces de poissons : Paramètres descriptifs

| Poids du poisson | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|----------------|----------------|--------------|
| Espèce de poisson | Min [g] | Max [g] | Moyenne [g] | Médiane [g] | N (total) |
| Truite Fario | 113 | 165 | 139 | 139 | 2 |
| Barbeau | 80 | 115 | 98 | 98 | 2 |
| Brème | 61 | 100 | 79 | 75 | 3 |
| Chevesne | 17 | 720 | 152 | 127 | 93 |
| Flet | 54 | 77 | 65 | 65 | 2 |
| Perche fluviatile | 17 | 636 | 119 | 87 | 52 |
| Brème bordelière | 49 | 102 | 81 | 87 | 4 |
| Vandoise | 136 | 136 | 136 | 136 | 1 |
| Gardon | 11 | 242 | 70 | 70 | 53 |
| Gobie à taches noires | 17 | 48 | 33 | 33 | 3 |
| Silure ² | 1 788 | 1 788 | 1 788 | 1 788 | 4 |
| Sandre | 131 | 638 | 383 | 380 | 5 |
| Total | | | | | 224 |

² Des informations sur le poids n'étaient disponibles que pour un seul échantillon de silure.

Parmi les 5 espèces ciblées prioritairement (gardon, chevesne, perche fluviatile, brème et brème bordelière) on constate que les tailles médianes et moyennes sont proches l'une de l'autre (l'écart le plus important étant 0,7 cm pour la perche) et correspondent à la classe de taille visée, hormis pour le gardon où elles sont de l'ordre de 17 cm pour une taille minimale visée de 18 cm.

Pour le paramètre de l'âge, aucune évaluation approfondie n'est faite dans ce rapport en raison de la base de données disponible restreinte. Pour 41 échantillons (18 %), aucune information concernant l'âge n'est disponible. En s'appuyant sur les différentes données en matière de classes d'âge, on peut toutefois déduire que la grande majorité des poissons observés ici (au moins 77 %) se trouve dans ou au-dessus de la classe d'âge ciblée de trois ans ou trois étés (2+) (LAWA-AO, 2020).

La distribution des taux de lipides (Figure 9 et Figure 10) et des taux de matières sèches (Figure 11 et Figure 12) de toutes les espèces de poissons est présentée sous forme de boîtes à moustaches ci-dessous. Les graphiques sont présentés de manière distincte pour les échantillons de filet et les échantillons de poissons entiers. Le nombre très limité d'échantillons pour certaines espèces de poisson a parfois empêché le calcul des percentiles. On a alors ajouté les moyennes sous forme de losanges (comme indiqué dans le chapitre 3). Il convient de souligner qu'il n'y a pas d'informations exactes indiquant si les taux de lipides et de matières sèches se réfèrent bien au tissu analysé, le filet pour 85 % des échantillons, ou au poisson entier. Pour l'évaluation, on part cependant du principe que les taux se rapportent au tissu correspondant.

Les taux de lipides rapportés dans le filet (Figure 9) vont d'une valeur minimale de 0,1 % (chevesne, gobie à taches noires) à un maximum de 5,7 % (brème). Les médianes sont toutes (généralement nettement) inférieures à 5 % (souvent même à 2 %). Le taux de lipides de 5 % appliqué par la suite pour la normalisation va donc le plus souvent conduire à majorer les niveaux de contamination considérés pour l'évaluation par rapport aux valeurs réellement observées dans les filets de poisson. Les médianes et les moyennes des taux de lipides les plus basses sont relevées dans le gobie à taches noires (N=3, moyenne de 0,2%) et les plus hautes dans la brème bordelière (moyenne de 4,1%).

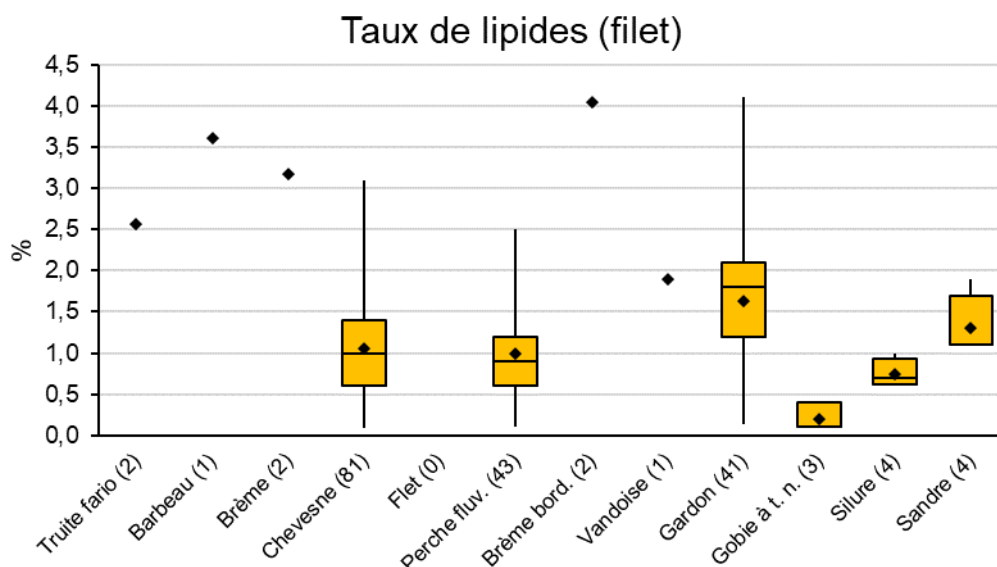


Figure 9 : Boîte à moustaches avec des taux de lipides rapportés dans les échantillons de filets des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons).

Comme le montre la figure 10, les taux de lipides dans les échantillons de poissons entiers vont d'une valeur minimale de 1,7 % (flet, gardon) à une valeur maximale de 8,6 % (gardon). Il convient de noter qu'un nombre suffisant d'échantillons de poissons entiers assortis de leurs taux de lipides, permettant le calcul robuste des trois quartiles, n'était disponible que pour les chevesnes, les perches fluviales et les gardons. (pour cette raison, seule la moyenne a été présentée dans le graphique pour les autres espèces). On constate que les médianes des taux de lipides des échantillons de perches et de chevesnes entiers sont inférieures à 5 % (proches de 3 %), tandis que celle des taux de lipides des gardons est légèrement supérieure (5,3 %). Le taux de lipides de 5 % appliqué ensuite pour la normalisation semble donc représenter un état réaliste pour les gardons, tandis que les taux après normalisation au taux de lipides de 5 % doivent être considérées comme une estimation prudente pour les perches et les chevesnes (dont les taux de lipides ne dépassent jamais 5 %). Les taux moyens de lipides les plus bas sont observés dans les échantillons de poissons entiers des flets (N = 2).

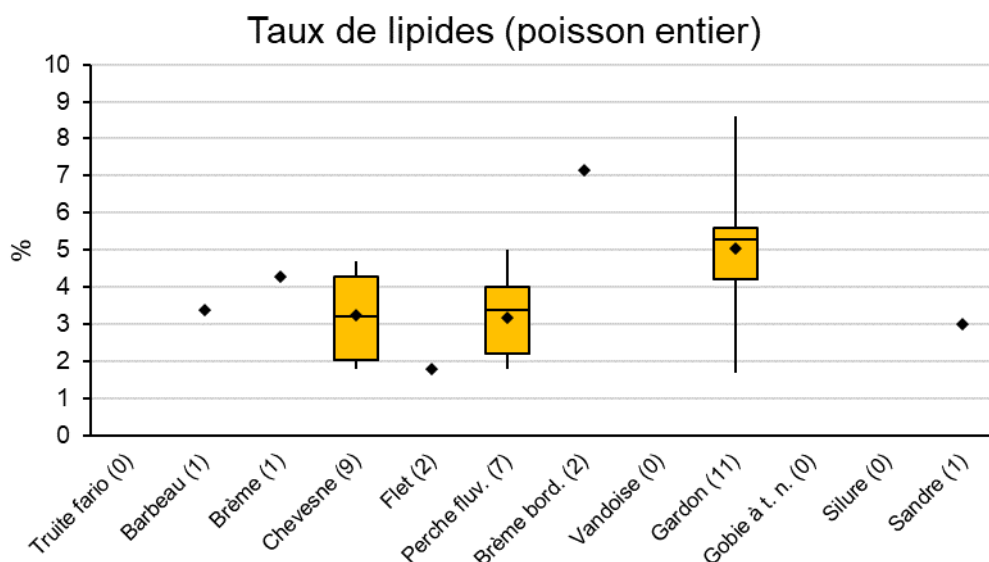


Figure 10 : Boîte à moustaches avec des taux de lipides rapportés dans les échantillons de poissons entiers des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons).

Les taux de matières sèches rapportés pour les échantillons de filets (Figure 11) vont de 8,8 % (valeur minimale, pour la perche fluviatile) à 39,3 % (valeur maximale, pour le chevesne). Ces deux valeurs extrêmes semblent toutefois plutôt atypiques. Pour leur part, les médianes évoluent toutes dans une fourchette relativement étroite, allant de 19,6 % (silure) à 25,7 % (brème) ; les taux de matières sèches dans le filet sont donc en grande majorité inférieurs au taux de matières sèches de 26 % utilisé par la suite pour la normalisation. Les moyennes évoluent dans une fourchette similaire.

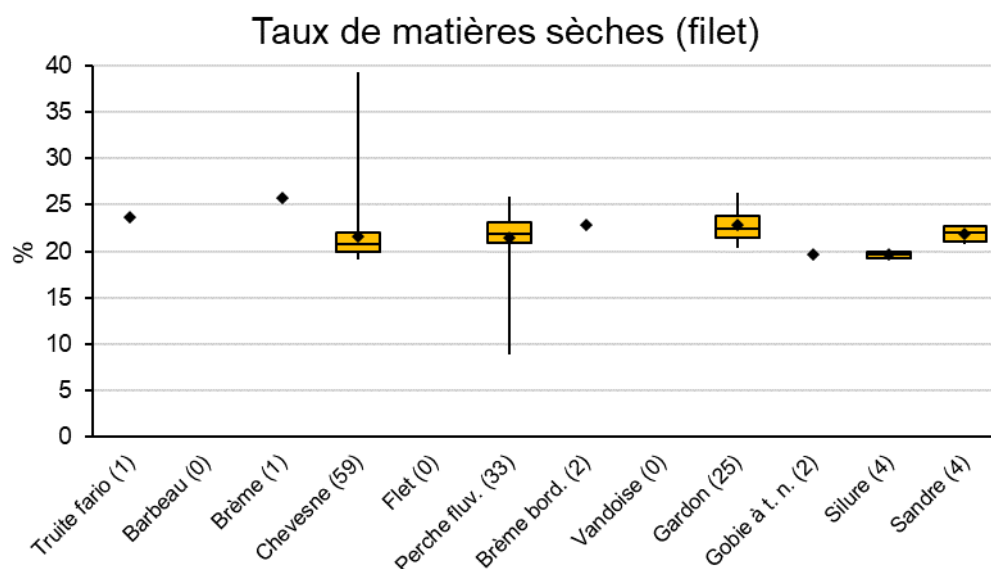


Figure 11 : Boîte à moustaches avec des taux de matières sèches rapportés dans les échantillons de filets des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons).

Les taux de matières sèches des échantillons de poissons entiers sont généralement quelque peu supérieurs à ceux de matières sèches dans les filets. Dans les échantillons de poissons entiers, les taux de matières sèches vont de valeurs minimales de 19,3 % (flet) à une valeur maximale de 29,2 % (gardon). Les moyennes des taux de matières sèches dans les échantillons de poissons entiers sont proches des médianes et se situent entre 20,0 % (flet, N=2) et 27,3 % (brème bordelière, N=2). Le peu d'écart entre le 25^e et le 75^e percentile témoigne d'une distribution resserrée des résultats observés.

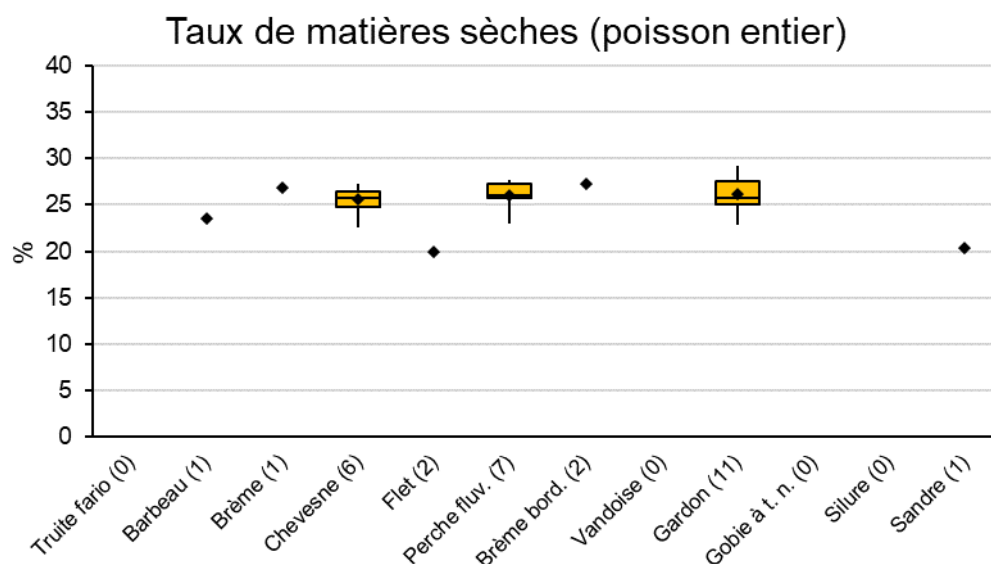


Figure 12 : Boîte à moustaches avec des taux de matières sèches rapportés dans les échantillons de poissons entiers des différentes espèces de poissons (losange : moyenne ; entre parenthèses : nombre d'échantillons).

4.1.3 Comparaison des données de filet et de poisson entier

Les analyses ont été effectuées soit dans le filet, soit dans le poisson entier. Pour assurer la comparabilité entre les données du filet et du poisson entier et pour pouvoir mettre en relation les données avec le tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la norme de qualité environnementale, les données respectives sont converties dans la plus grande mesure possible au poisson entier ou au filet, conformément à l'enjeu qui détermine la NQE (santé humaine ou écosystème). Les facteurs de conversion requis sont disponibles pour le mercure, le PFOS, les dioxines et les composés de type dioxine, l'hexabromocyclododécane, les PBDE et l'hexachlorobenzène (Radermacher et al., 2019), de sorte qu'il est possible, parallèlement à la comparaison des tissus, d'examiner également les effets correspondants des conversions. Pour l'hexachlorobutadiène, le dicofol, l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore, on ne dispose pas de facteurs de conversion et on doit donc se limiter à une comparaison entre les données d'analyse obtenues dans le filet et celles tirées de poissons entiers. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

De la Figure 13 à la Figure 17, on trouvera des boîtes à moustache pour chacune des substances individuelles ou groupes de substances (à l'exception du dicofol) et pour l'ensemble du jeu de données sur les poissons. Ces illustrations comparent les teneurs dans le filet et dans le poisson entier ainsi que le cumul de ces valeurs obtenues après conversion du poisson entier au filet. Pour des raisons d'uniformité et de comparabilité, toutes les données sont converties au filet et non pas, comme il est d'usage de le faire pour les substances mesurées pour l'enjeu « écosystème » (hexachlorobutadiène, hexabromocyclododécane, mercure), au poisson entier. En outre, pour l'évaluation présentée dans ce chapitre, toutes les valeurs représentées sont préalablement normalisées au taux de matières sèches (mercure et PFOS) ou au taux de lipides (toutes les autres substances). Les données qu'il n'est pas possible de normaliser par manque de taux de lipides ou de matières sèches ne sont pas prises en compte dans cette comparaison. Pour les polluants à normaliser au taux de lipides, on dispose donc d'environ 97 % de l'ensemble des données, alors que seuls 72 % des échantillons ont été pris en compte pour les polluants à normaliser au taux de matières sèches.

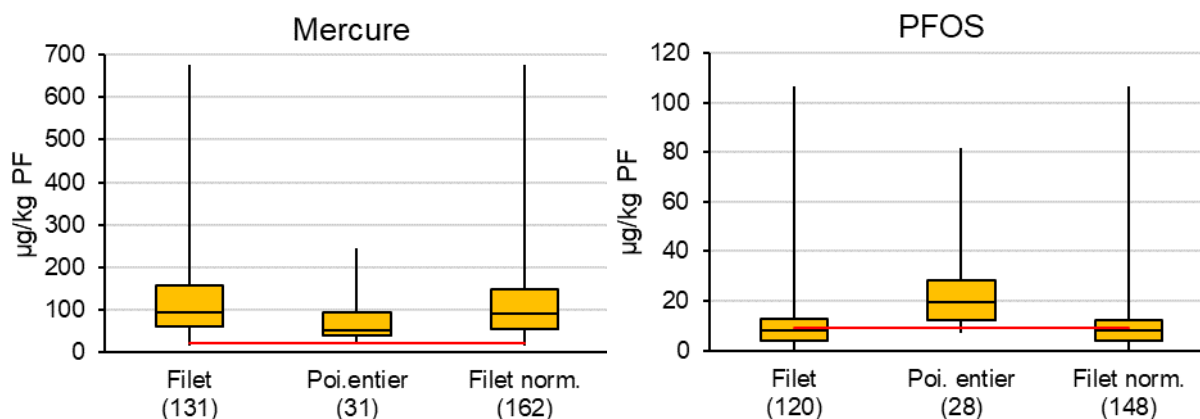


Figure 13 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Mercure (normalisation au TMS, NQE : 20 µg/kg PF) et PFOS (normalisation au TMS, NQE : 9,1 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

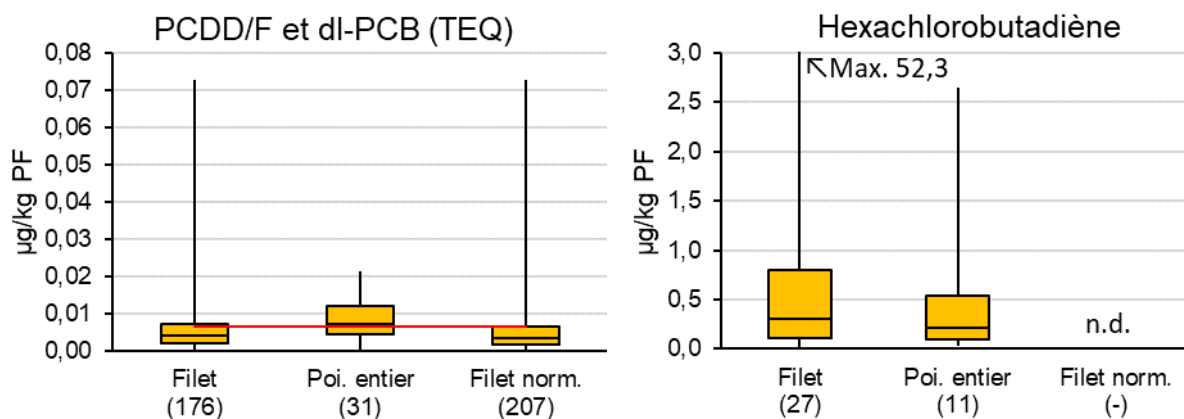


Figure 14 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL, NQE : 0,0065 µg/kg PF) et hexachlorobutadiène (normalisation au TL, pas de conversion possible, n. d. : non disponible, NQE 55 µg/kg). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

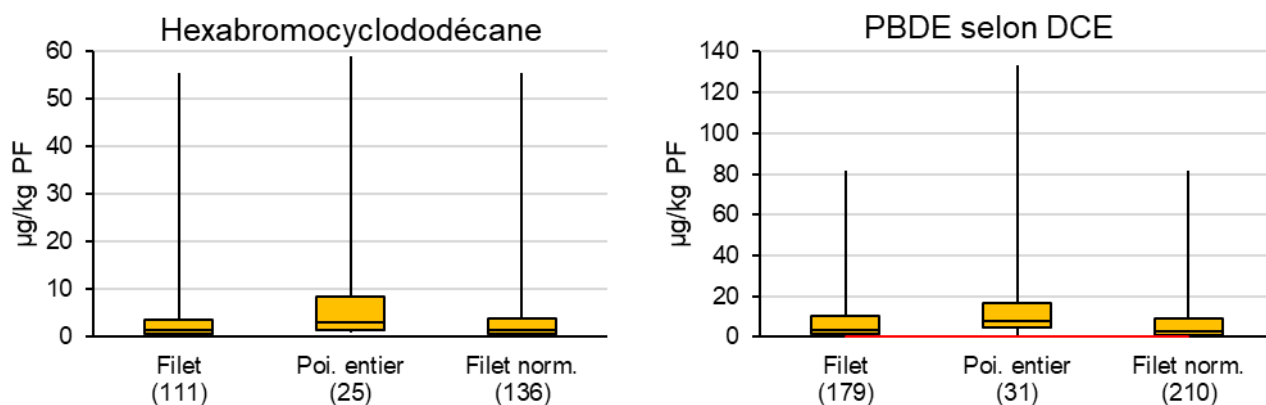


Figure 15 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Hexabromocyclododécane (normalisation au TL, NQE 167 µg/kg PF) et PBDE selon la DCE (normalisation au TL, NQE : 0,0085 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

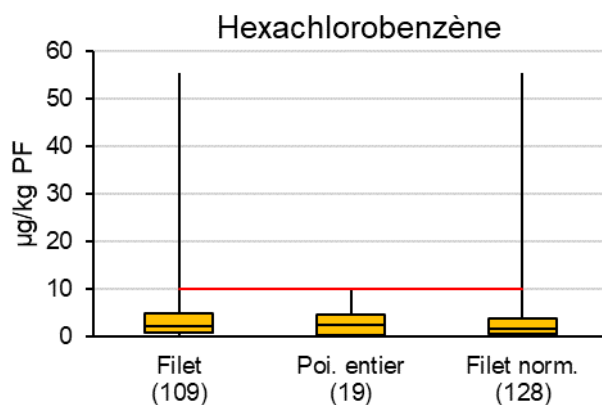


Figure 16 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Hexachlorobenzène (normalisation au taux de lipides, NQE : 10 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

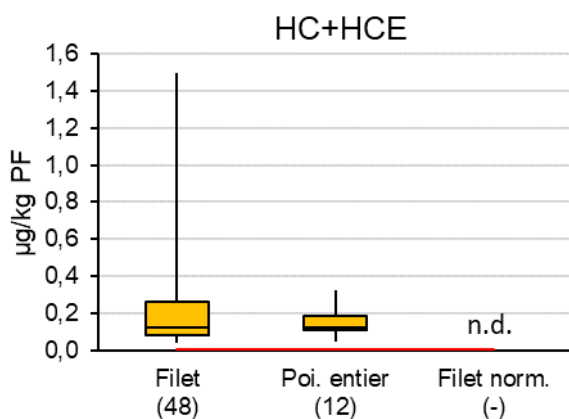


Figure 17 : Comparaison des données d'analyse dans le filet et dans le poisson entier et comparaison des données converties au filet (normalisées au filet). Heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL), pas de conversion possible, n. d. : non disponible, NQE : 0,0067 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

La comparaison graphique fait ressortir des différences parfois très importantes entre les échantillons de filet et de poisson entier. Alors que la contamination par le mercure est plus basse dans le poisson entier que dans le filet, elle est plus élevée dans le poisson entier pour le PFOS, les dioxines et composés de type dioxine, l'hexabromocyclododécane et les PBDE, ce qui est en accord avec la bibliographie et les facteurs de conversion connus. Dans le cas de l'hexachlorobutadiène, de l'hexachlorobenzène, ainsi que de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore, les boîtes à moustaches du filet et du poisson entier se recoupent clairement, de sorte que les différences de distribution dans les tissus sont ici supposées peu importantes (à l'exception de quelques valeurs extrêmes observées sur le filet en dehors des boîtes à moustache).

Pour toutes les substances et tous les groupes de substances pour lesquels des facteurs de conversion existent entre le filet et le poisson entier, la conversion au filet permet une convergence des boîtes à moustaches, ce qui confirme la pertinence des facteurs utilisés. Cela permet d'évaluer conjointement les données des filets et des poissons entiers après la conversion visée au tissu. Faute de facteurs de conversion, il n'a pas été possible de convertir les résultats de l'hexachlorobutadiène ni de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore. Toutefois, comme indiqué précédemment, les teneurs de ces substances dans les échantillons de filet et de poisson entier sont bien comparables et les jeux de données évaluables sont parfois très limités pour une évaluation distincte du filet et du poisson entier (notamment quand on distingue en outre les omnivores des carnivores, comme l'expose le chapitre suivant). C'est pourquoi les données de filet et de poisson entier ont été regroupées pour les étapes suivantes de l'analyse dans le cas de l'hexachlorobutadiène, de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore.

4.1.4 Comparaison des espèces de poissons omnivores et carnivores

Comme il est mentionné plus haut, le jeu de données disponible rassemble 224 échantillons de douze espèces de poissons distinctes appartenant à différents niveaux trophiques. Étant donné que les substances et groupes de substances examinés sont bioaccumulables, on a analysé dans quelle mesure les espèces de poissons omnivores et carnivores se distinguaient sous l'angle de leur contamination chimique. Ici, les espèces de poissons omnivores sont celles dont l'alimentation est essentiellement herbivore et/ou insectivore, alors que le terme carnivore est appliqué aux espèces de poissons principalement piscivores. Le Tableau 9 montre le classement des espèces de poissons dans les deux catégories.

Tableau 9 : Classification des espèces de poissons en omnivores et carnivores.

| Omnivores | Carnivores |
|-----------------------|-------------------|
| Barbeau | Truite fario |
| Brème | Perche fluviatile |
| Chevesne | Silure |
| Flet | Sandre |
| Brème bordelière | |
| Vandoise | |
| Gardon | |
| Gobie à taches noires | |

Afin de comparer les pressions polluantes entre espèces de poissons omnivores et carnivores, on a réalisé d'une part des graphiques de type boîte à moustaches et d'autre part un test de Student (test t) à partir de deux échantillons instantanés distincts. Pour l'évaluation dans ce chapitre, comme indiqué plus haut, toutes les données ont été normalisées à un taux de matières sèches de 26 % (mercure, PFOS) ou à un taux de lipides de 5 % (toutes les substances et tous les groupes de substances à l'exception du mercure et du PFOS). Par ailleurs, la conversion des teneurs en substances a été effectuée vers le tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle des NQE conformément au Tableau 5. Comme déjà exposé dans le chapitre précédent, cette conversion n'a pas été possible pour l'hexachlorobutadiène ni pour l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore en raison de l'absence de facteurs de conversion et les données de filet et de poisson entier ont ici été évaluées en commun. Les représentations graphiques sous forme de boîtes à moustaches se retrouvent dans les figures 18 à Figure 22.

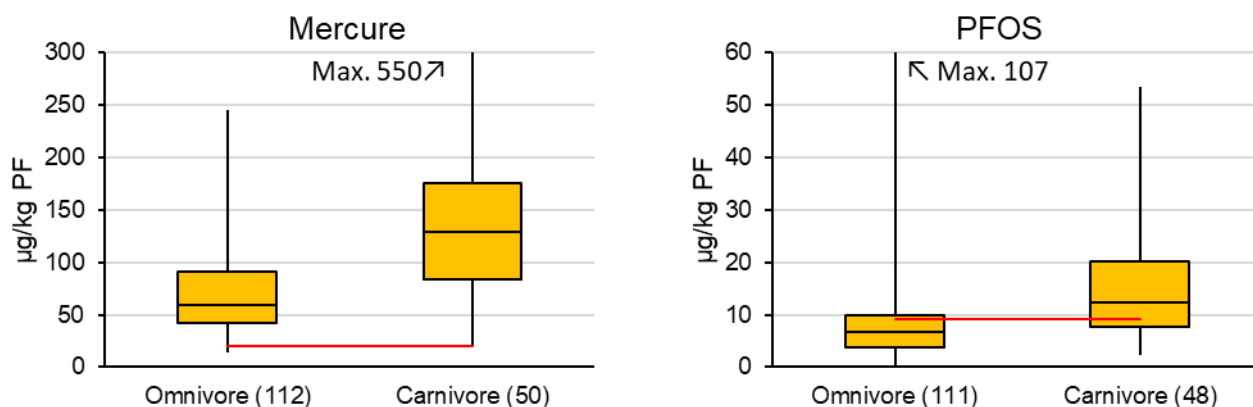


Figure 18 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 1 : mercure (normalisation au TMS ; conversion au poisson entier, NQE : 20 $\mu\text{g/kg PF}$) et PFOS (normalisation au TMS, conversion au filet, NQE : 9,1 $\mu\text{g/kg PF}$). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

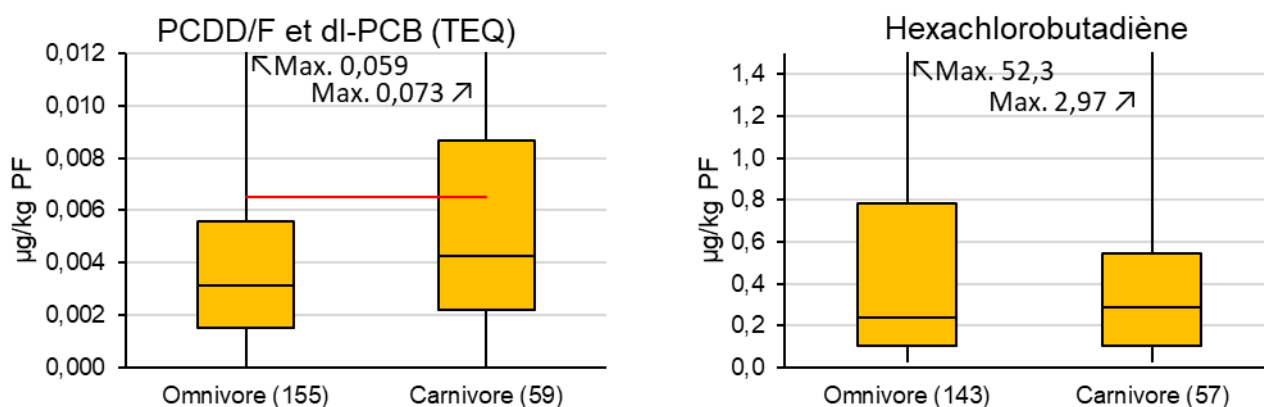


Figure 19 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 2 : PCDD/F+PCB de type dioxine (normalisation au TL, conversion au filet, NQE : 0,0065 $\mu\text{g/kg PF}$) et hexachlorobutadiène (normalisation au TL, échantillons de filet et de poisson entier, NQE : 55 $\mu\text{g/kg PF}$). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexachlorobutadiène : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

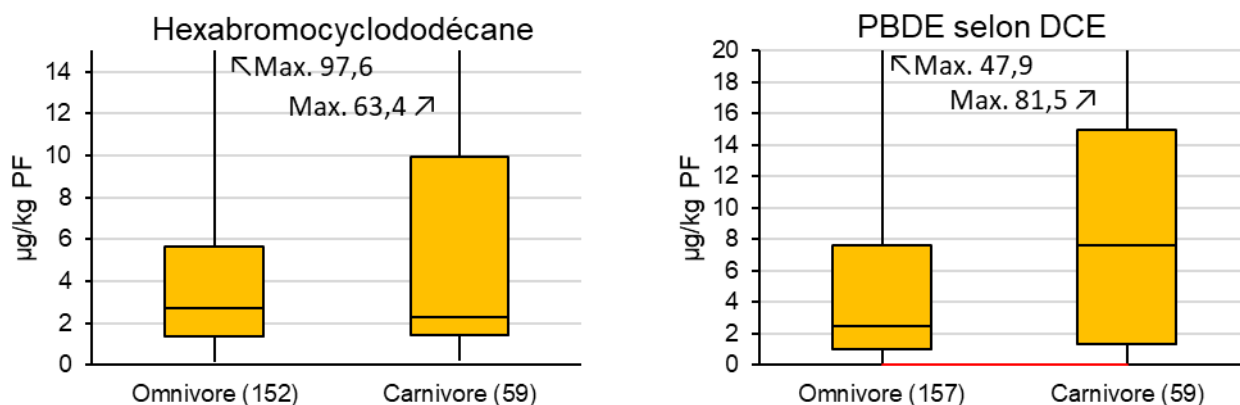


Figure 20 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 3 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL, conversion au poisson entier, NQE : 167 µg/kg PF) et PBDE selon la DCE (normalisation au TL, conversion au filet, NQE : 0,0085 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexabromocyclododécane : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

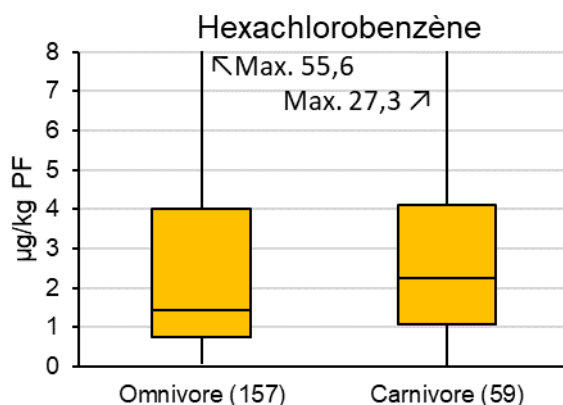


Figure 21 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 4 : hexachlorobenzène (normalisation au TL ; conversion au filet, NQE : 10 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale (hexachlorobenzène : NQE hors du champ de représentation) ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

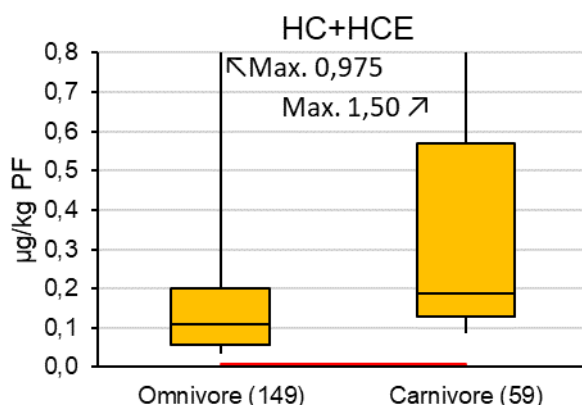


Figure 22 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. Partie 5 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL, échantillons de filet et de poisson entier, NQE : 0,0067 µg/kg PF). Ligne rouge : norme de qualité environnementale ; entre parenthèses : nombre d'échantillons, y compris les valeurs <LQ.

On trouvera dans le Tableau 10 un relevé synoptique des valeurs p du test t ainsi que le nombre d'échantillons à la base de ce test. Pour la réalisation des boîtes à moustaches présentées ci-dessus et pour le calcul du test t, on n'utilise que des valeurs supérieures aux limites de quantification spécifiques aux laboratoires et aux substances. Les valeurs inférieures aux limites de quantification ne sont pas considérées.

Tableau 10 : Comparaison de la contamination chimique des espèces de poissons omnivores et carnivores. N (total) : nombre de tous les jeux de données fournis ; N (exploitable) ; nombre de tous les jeux de données ayant permis une normalisation ; N (> LQ) : nombre de toutes les valeurs supérieures à la limite de quantification ; p (test t) : résultat du test t de deux échantillons instantanés distincts. En gras : différences significatives (p < 0,05).

| | Omnivores | | | Carnivores | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------|----------|------------|-----------------|----------|------------------------------|
| | N (total) | N (exploitable) | N (> LQ) | N (total) | N (exploitable) | N (> LQ) | p (test t) |
| Mercuré | 160 | 112 | 112 | 63 | 50 | 50 | 5,89 *10⁻⁶ |
| PFOS | 159 | 111 | 102 | 61 | 48 | 46 | 0,00307 |
| PCDD/F+PCB type dioxine | 160 | 155 | 149 | 61 | 59 | 58 | 0,0712 |
| HCBD | 146 | 143 | 132 | 59 | 57 | 51 | 0,264 |
| HBCDD | 159 | 152 | 95 | 61 | 59 | 49 | 0,326 |
| PBDE | 160 | 157 | 154 | 61 | 59 | 56 | 0,000176 |
| Hexachlorobenzène | 160 | 157 | 110 | 61 | 59 | 29 | 0,413 |
| HC+HCE | 160 | 149 | 138 | 61 | 59 | 53 | 0,0821 |

Comme le montre le Tableau 10, on relève une différence significative ($p < 0,05$) entre espèces de poissons omnivores et carnivores pour le mercure, le PFOS et les PBDE. Dans de tels cas et pour cette raison, les étapes suivantes d'analyse sont réalisées, en accord avec la CIPR, en séparant espèces omnivores et carnivores ou en ne considérant que les poissons omnivores. Pour la synthèse des teneurs polluantes (chapitre 4.1.5), on dispose de suffisamment de données pour évaluer séparément toutes les substances et tous les groupes de substances. On procède donc à l'évaluation séparée de toutes les données. Pour la comparaison spatiale (chapitre 4.1.6) des trois substances/groupes de substances susmentionnés, il a été décidé en accord avec la CIPR de ne fonder la comparaison spatiale que sur les espèces omnivores, la base de données portant sur les espèces carnivores n'ayant pas été jugée suffisamment ample pour autoriser une évaluation séparée. Des cartes de pression supplémentaires communes pour les espèces omnivores et carnivores ont été élaborées pour les PFOS uniquement. Les jeux de données des espèces de poissons carnivores ne sont donc pas pris en compte pour la comparaison spatiale des pressions dues au mercure et PBDE. L'évaluation de la distribution spatiale rassemble les espèces omnivores et carnivores pour les dioxines et les composés de type dioxine, l'hexachlorobutadiène, l'hexabromocyclododécane, l'hexachlorobenzène, de même que l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore, étant donné que les différences entre ces deux groupes ne sont pas significatives.

4.1.5 Synthèse des teneurs polluantes

Après nettoyage du jeu de données initial, qui se composait de 7 900 résultats d'analyse (auxquelles s'ajoutent les métadonnées : taille, poids etc.), le jeu final évalué se compose au total de 2 022 valeurs d'analyse distinctes pour dix paramètres de substances distincts dans 224 échantillons de poisson au total. On dispose par conséquent d'une bonne base de données pour l'évaluation. Pratiquement tous les polluants ou groupes de polluants ont été mesurés dans plus de 200 échantillons de ce jeu final (ce qui correspond à env. 90 %).

4.1.5.1 Teneurs non normalisées de polluants

Les données descriptives des pressions polluantes sont regroupées ci-après dans les Tableau 11 à 13 et intègrent la valeur minimale et la valeur maximale (avec la masse d'eau correspondante) ainsi que la moyenne avec écart type, la médiane, le pourcentage relatif d'échantillons dépassant la norme de qualité environnementale et la possibilité de contrôler le respect de la norme de qualité environnementale s'appliquant à la substance. L'évaluation est indiquée de manière séparée pour les espèces de poissons omnivores (Tableau 11) et carnivores (Tableau 12), ainsi que pour les deux groupes rassemblés (Tableau 13).

Le jeu de données initial est presque complet pour le mercure ($N = 223$). Un échantillon n'affiche pas de données d'analyse du mercure. Dans tous les échantillons où le mercure est

analysé, cette substance peut être quantifiée avec un taux de détection de 100 %. Sur les 223 valeurs, 160 se rapportent à des espèces de poissons omnivores et 63 à des carnivores. Sans prise en compte de la normalisation au taux de matières sèches, la NQE biote de 20 µg/kg PF est dépassée dans 94 % des échantillons des omnivores et dans 95 % des échantillons des carnivores. Ces résultats concordent avec ceux d'évaluations antérieures obtenues pour le Rhin, de même qu'avec ceux de pratiquement tous les autres fleuves d'Allemagne (CIPR, 2018 ; Umweltbundesamt, 2023). La teneur la plus élevée dans les poissons omnivores est mesurée à Detzem dans la Moselle et s'élève à 260 µg/kg PF. Pour les poissons carnivores, elle s'élève à 421 µg/kg PF dans la Moselle également (Millery-Vandières) et est donc nettement plus élevée que celle des poissons omnivores.

Les groupe des PBDE est également détecté dans la majorité des échantillons analysés (taux de détection de 97 % dans le groupe complet d'échantillons). On relève ici par ailleurs un taux élevé de dépassements des NQE, similaire à ceux du mercure, pour les six indicateurs des PBDE sélectionnés conformément à la DCE. La NQE biote des PBDE, fixée à 0,0085 µg/kg PF, est dépassée dans 96 % des échantillons exploitables (omnivores : 97 %, carnivores : 93 %). La contamination la plus forte dans les poissons omnivores est mesurée dans la Moselle au niveau dans la masse d'eau Millery-Vandières, avec une valeur de 16,1 µg/kg PF. La teneur la plus élevée pour les espèces carnivores est détectée dans la même masse d'eau. Elle est de 16,8 µg/kg PF et est donc à un niveau à peu près équivalent. Le dépassement à grande échelle de la NQE biote par les PBDE est également décrit dans les références bibliographiques (CIPR, 2018 ; Umweltbundesamt, 2023).

Le pourcentage de dépassement de la NQE des autres substances et groupes de substances évoquées dans le présent rapport est nettement inférieur dans la plupart des cas. Pour le PFOS, cette valeur est de 66 % dans les poissons carnivores et de 20 % dans les poissons omnivores. La norme de qualité environnementale de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore (0,0067 µg/kg PF) est dépassée dans 31 % (omnivores) et 25 % (carnivores) des échantillons. Pour les dioxines et les composés de type dioxine, le dicofol, l'hexachlorobutadiène, l'hexachlorobenzène et l'hexabromocyclododécane, la NQE biote respective est respectée dans tous les tronçons des cours d'eau analysés du bassin du Rhin., dans la mesure où les données ne sont pas normalisées au taux de lipides ou au taux de matières sèches.

Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

L'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore sont quantifiés dans 31 % des échantillons exploitables avec des teneurs supérieures à la limite de quantification respective. Dans 29 % des échantillons, la teneur identifiée est supérieure à la NQE biote fixée à 0,0067 µg/kg PF (omnivores : 31 %, carnivores : 25 %). Le fait que les limites de quantification de nombreux laboratoires sont en partie nettement supérieures aux NQE biote de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore est jugé problématique. Les échantillons analysés dans les laboratoires disposant de limites de quantification suffisamment basses sautent souvent aux yeux du fait d'un dépassement d'une NQE. Par conséquent, la norme de qualité environnementale est fondamentalement contrôlable, mais elle dépend toutefois du laboratoire sélectionné et est donc classée « partiellement » contrôlable dans les Tableau 11 à Tableau 13. En raison du pourcentage relativement élevé de dépassements de la NQE quand les limites de quantification sont suffisamment basses, on recommande de faire contrôler cette norme par un choix de laboratoires aux techniques suffisamment sensibles, car on part du principe que la NQE est dépassée de manière pratiquement systématique.

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 64/221 -

Tableau 11 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les poissons omnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

| (Groupe de substance(s)) | N | Moyenne [µg/kg PF] | Écart type [µg/kg PF] | Médiane [µg/kg PF] | Min [µg/kg PF] | Max [µg/kg PF] | Masse d'eau avec pression maximale | Dépassement de la NQE ³ | NQE contrôlable ? |
|---|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Hg | 160 | 57,1 | 38,3 | 45,7 | 8,9 | 260 | Mosel - Detzem | 94 % | Oui |
| PFOS | 159 | 7,83 | 11,4 | 5,02 | < LQ | 91 | Rhin - Karlsruhe | 20 % | Oui |
| PCDD/F+PCB type dioxine ⁴ | 158 | 0,00102 | 0,000960 | 0,000715 | < LQ | 0,0061 | Moselle - Liverdun | 0 % | Oui |
| HCBD | 146 | 0,61 | 2,01 | 0,140 | < LQ | 11,5 | Lippe / Wesel | 0 % | Oui |
| HBCDD | 155 | 1,95 | 2,4 | 1,00 | < LQ | 12,2 | Sarre - Gündingen- Grosbiederstr. | 0 % | Oui |
| PBDE | 160 | 1,19 | 1,83 | 0,73 | < LQ | 16,1 | Mosel - Millery – Vandières | 97 % | Oui |
| HCB | 160 | 0,69 | 0,81 | 0,35 | < LQ | 5,0 | Rhin - Karlsruhe | 0 % | Oui |
| Dicofol | 23 | < LQ | - | < LQ | < LQ | < LQ | Alzette / Ettelbrück | 0 % | Oui |
| HC + HCE | 152 | 0,0564 | 0,0637 | 0,0264 | < LQ | 0,350 | Rhin, Hollandsch Diep | 31% | En partie |

³ Conformément à la directive 2013/39/UE

⁴ En tant que TEQ de l'OMS

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 65/221 -

Tableau 12 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les poissons carnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

| (Groupe de) substance(s) | N | Moyenne [µg/kg PF] | Écart type [µg/kg PF] | Médiane [µg/kg PF] | Min [µg/kg PF] | Max [µg/kg PF] | Masse d'eau avec pression maximale | Dépassement de la NQE ⁵ | NQE contrôlable ? |
|---|----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Hg | 63 | 113 | 66,5 | 106 | 9,74 | 421 | Mosel - Millery – Vandières | 95 % | Oui |
| PFOS | 61 | 14,9 | 10,9 | 11,9 | < LQ | 57,8 | Moselle (Palzem) | 66 % | Oui |
| PCDD/F+PCB type dioxine ⁶ | 61 | 0,00115 | 0,00103 | 0,000837 | < LQ | 0,00578 | Wupper – Opladen | 0 % | Oui |
| HCBD | 59 | 0,0325 | 0,0319 | 0,0200 | < LQ | 0,107 | Lippe / Wesel | 0 % | Oui |
| HBCDD | 61 | 2,30 | 5,41 | 0,523 | < LQ | 27,0 | Sarre - Güdingen- Grosbliederstr. | 0 % | Oui |
| PBDE | 61 | 2,51 | 3,89 | 0,891 | < LQ | 16,8 | Mosel - Millery – Vandières | 93 % | Oui |
| HCB | 61 | 0,417 | 0,442 | 0,201 | < LQ | 1,53 | Sarre - Fremersdorf | 0 % | Oui |
| Dicofol | 6 | < LQ | - | < LQ | < LQ | < LQ | Alzette / Ettelbrück | 0 % | Oui |
| HC + HCE | 61 | 0,0317 | 0,0420 | 0,0189 | < LQ | 0,163 | Mosel - Millery – Vandières | 25 % | En partie |

⁵ Conformément à la directive 2013/39/UE

⁶ En tant que TEQ de l'OMS

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 66/221 -

Tableau 13 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans tous les poissons (omnivores et carnivores) : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBd et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

| (Groupe de substance(s)) | N | Moyenne [µg/kg PF] | Écart type [µg/kg PF] | Médiane [µg/kg PF] | Min [µg/kg PF] | Max [µg/kg PF] | Masse d'eau avec pression maximale | Dépassement de la NQE ⁷ | NQE contrôlable ? |
|---|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Hg | 223 | 72,9 | 54,2 | 56,8 | 8,93 | 421 | Mosel - Millery – Vandières | 94 % | Oui |
| PFOS | 220 | 9,83 | 11,7 | 6,79 | < LQ | 91,0 | Rhin - Karlsruhe | 33 % | Oui |
| PCDD/F+PCB type dioxine ⁸ | 219 | 0,00105 | 0,000984 | 0,00075 | < LQ | 0,00611 | Moselle - Liverdun | 0 % | Oui |
| HCBd | 205 | 0,477 | 1,79 | 0,0795 | < LQ | 11,5 | Lippe / Wesel | 0 % | Oui |
| HBCDD | 216 | 2,07 | 3,75 | 0,869 | < LQ | 27,0 | Sarre - Gündingen- Grosbliederstr. | 0 % | Oui |
| PBDE | 221 | 1,55 | 2,62 | 0,771 | < LQ | 16,8 | Mosel - Millery – Vandières | 96 % | Oui |
| HCb | 221 | 0,629 | 0,757 | 0,300 | < LQ | 5,00 | Rhin - Karlsruhe | 0 % | Oui |
| Dicofol | 29 | < LQ | - | < LQ | < LQ | < LQ | Alzette / Ettelbrück | 0 % | Oui |
| HC + HCE | 213 | 0,0500 | 0,0598 | 0,0235 | < LQ | 0,350 | Rhin, Hollandsch Diep | 29 % | En partie |

⁷ Conformément à la directive 2013/39/UE

⁸ En tant que TEQ de l'OMS

Les représentations graphiques sous forme de boîtes à moustaches des concentrations des substances et groupes de substances dans les différentes espèces de poissons se retrouvent dans les figures 23 à 30. La norme de qualité environnementale respective est tracée dans les graphiques sous forme de ligne rouge, dans la mesure où cette représentation est possible à l'échelle donnée. Toutes les données sont converties au tissu d'échantillonnage concerné, comme indiqué dans les légendes des figures, et non normalisées. Comme il est impossible, par manque de facteurs correspondants, de convertir entre filet et poisson entier dans le cas de l'hexachlorobutadiène ainsi que de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore, et comme le filet et le poisson entier affichent des fourchettes de valeurs similaires (voir chapitre 4.1.3), les données de filet et de poisson entier sont regroupées dans ces deux cas. Le nombre parfois limité d'échantillons exploitables par espèce de poisson empêche parfois la réalisation de boîtes à moustaches. On ajoute alors les valeurs moyennes sous forme de losanges. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

Les figures ci-après affichent une image contrastée des teneurs polluantes dans les différentes espèces de poissons. Selon la substance et la qualité des données, on voit ressortir différents modèles qui, dans le cas des teneurs polluantes non normalisées, ne sont que partiellement imputables au niveau trophique dans la chaîne alimentaire (www.fishbase.de, Froese and Pauly (2024)).

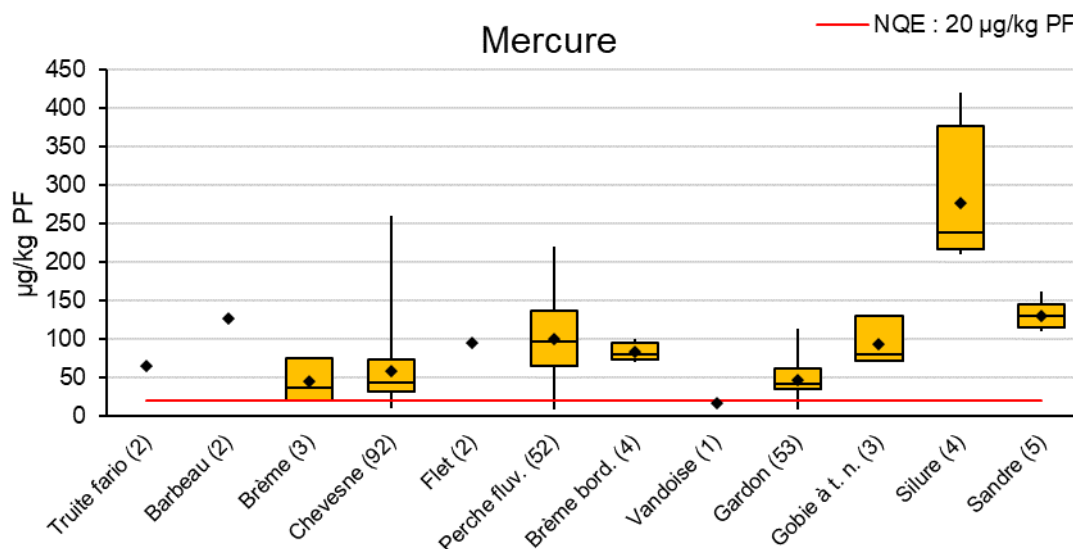


Figure 23 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 1 : mercure (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

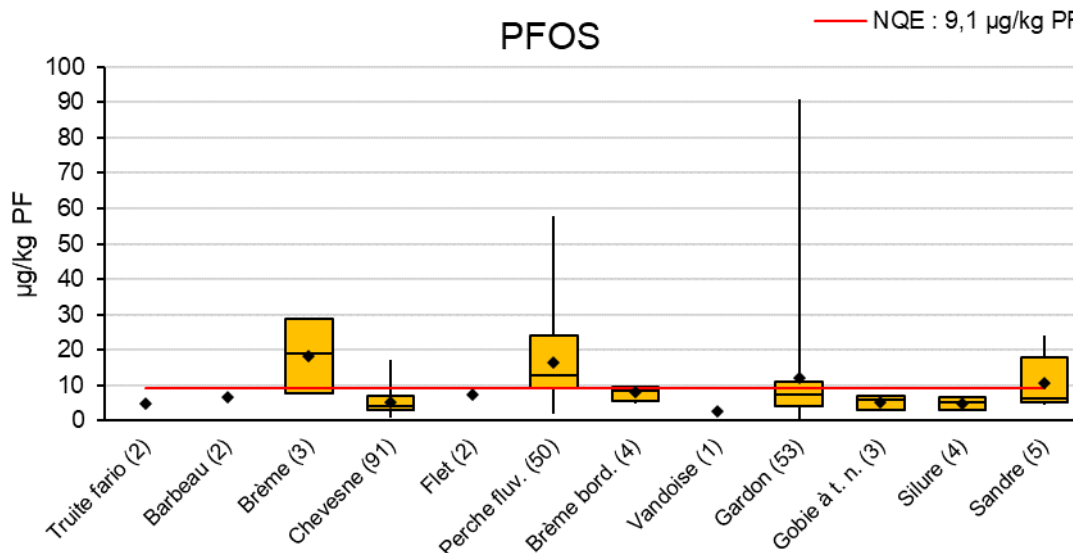


Figure 24 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 2 : PFOS (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

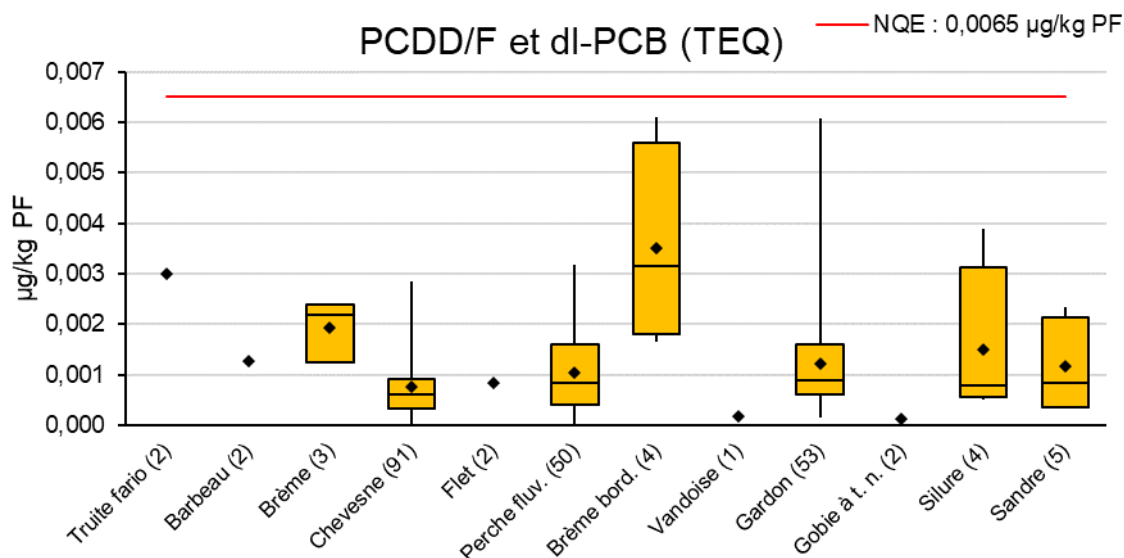


Figure 25 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

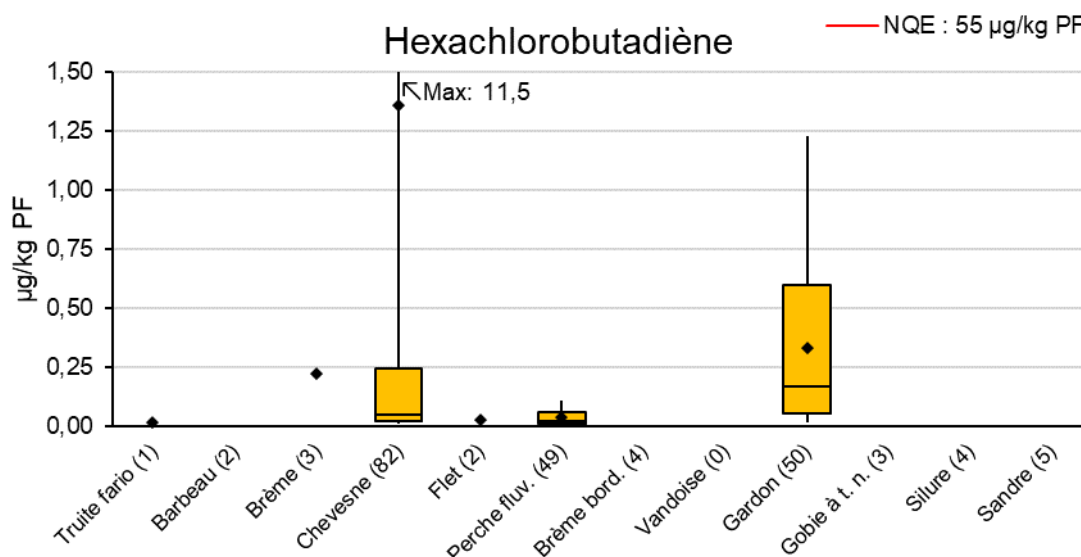


Figure 26 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 4 : hexachlorobutadiène (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

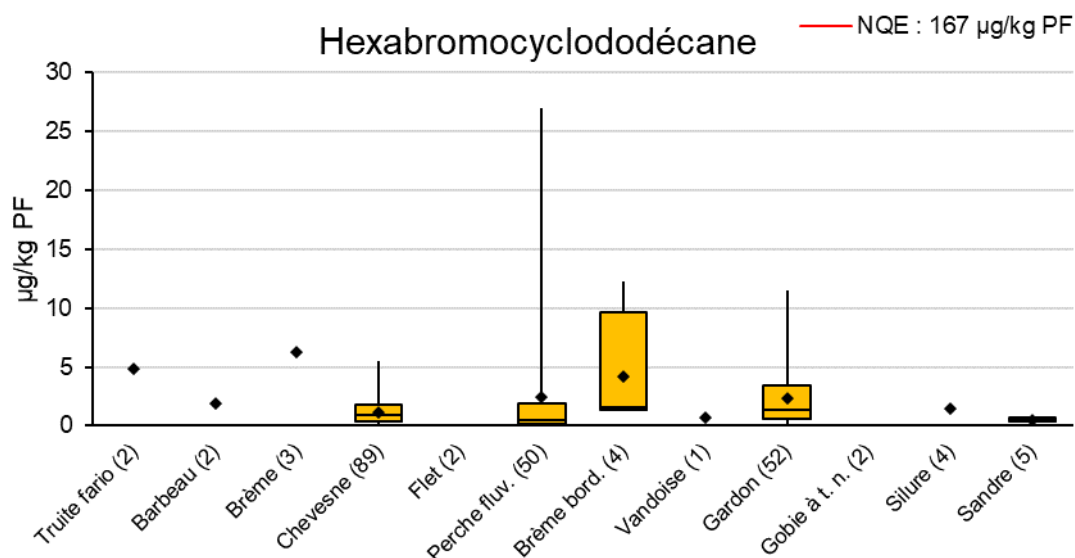


Figure 27 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 5 : hexabromocyclododécane (sans normalisation ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

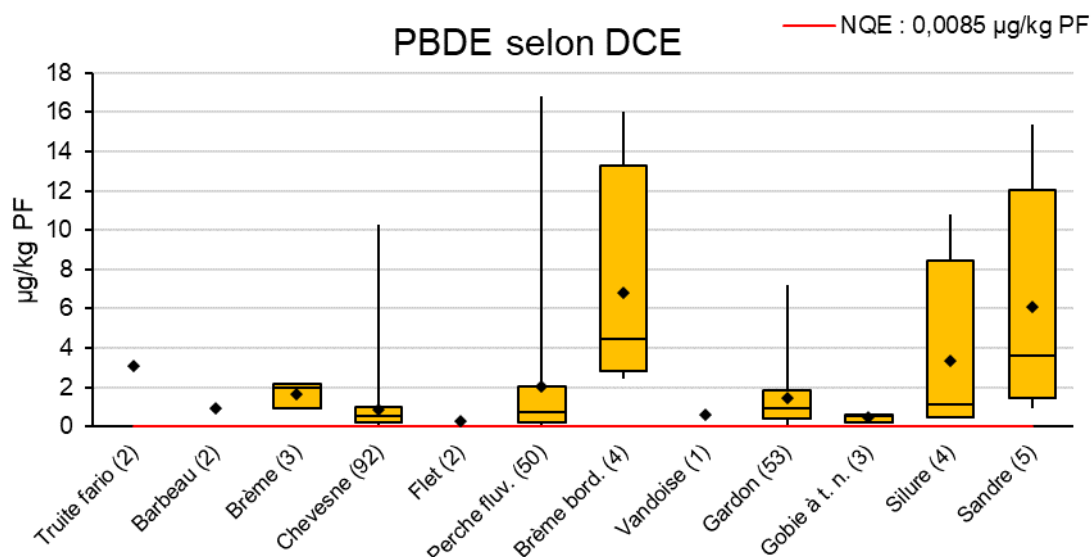


Figure 28 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 6 : PBDE selon la DCE (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

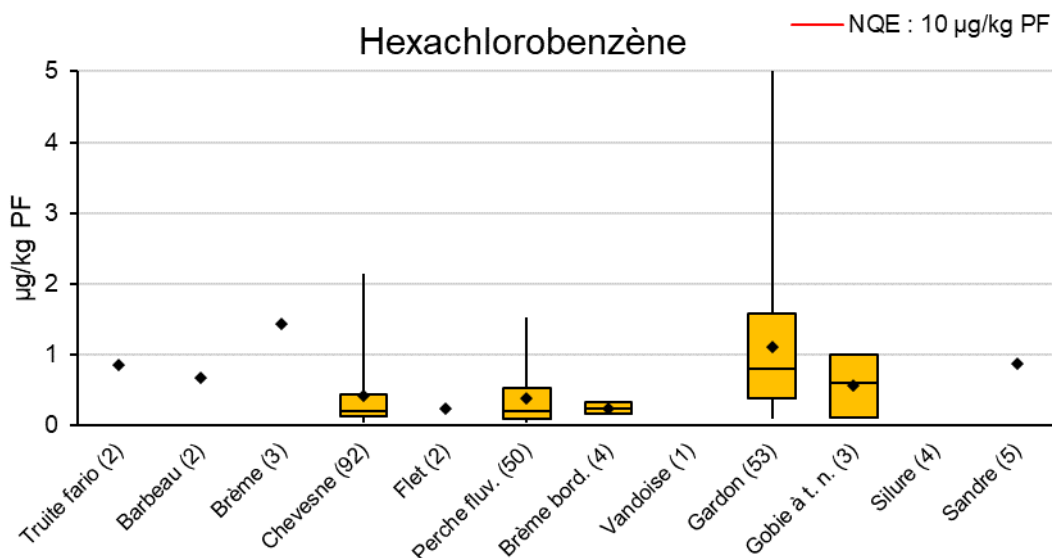


Figure 29 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 7 : hexachlorobenzène (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

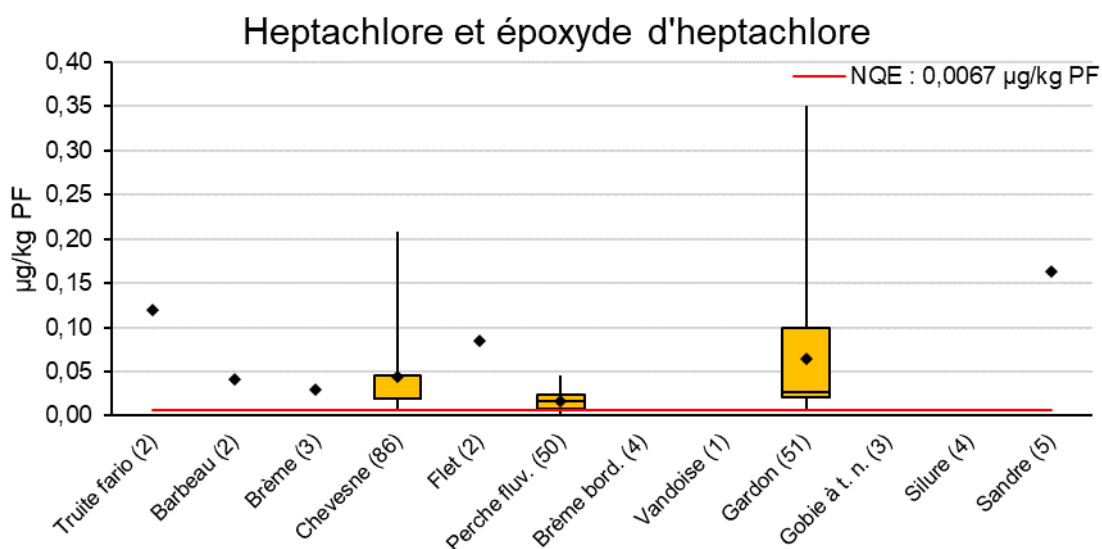


Figure 30 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 9 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (sans normalisation ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

4.1.5.2 Teneurs normalisées de polluants

De manière analogue aux teneurs polluantes non normalisées, les paragraphes suivants présentent et décrivent les teneurs polluantes normalisées. Il convient de signaler comme facteur restrictif pour le jeu de données évaluable l'absence partielle de données sur le taux de lipides (données complètes à 97 %) et plus encore sur le taux de matières sèches (données complètes à 72 %). À cause des données restreintes sur le taux de matières sèches, env. un quart des jeux de données sur le mercure et le PFOS n'est pas exploitable. Comme le taux de matières sèches varie peu entre les espèces de poissons et au sein d'une même espèce (voir Figure 11 et Figure 12), des médianes couvrant toutes les espèces ont été utilisées comme valeurs de substitution pour la normalisation ci-dessous pour les échantillons de filets et de poissons entiers sans taux de matières sèches disponible. Les taux médians de matières sèches sont de 21,5 % dans le filet et de 25,9 % dans le poisson entier. L'application de cette méthode n'a été nécessaire que pour les PFOS et le mercure, car les autres substances ont été normalisées au taux de lipides. En raison des variations importantes entre les espèces de poissons et au sein d'une même espèce, aucune valeur de substitution n'a été utilisée pour les taux de lipides manquants.

Les données descriptives des pressions polluantes sont regroupées ci-après dans les Tableau 14 à 16 et intègrent la valeur minimale et la valeur maximale (avec les sites de prélèvement correspondants) ainsi que la moyenne avec écart type, la médiane, le pourcentage relatif d'échantillons dépassant la norme de qualité environnementale et une estimation de la possibilité de contrôle de la norme de qualité environnementale s'appliquant à la substance. L'évaluation est indiquée de manière séparée pour les espèces de poissons omnivores (Tableau 14) et carnivores (tableau 15), ainsi que pour les deux groupes rassemblés (tableau 16).

Le jeu de données initial est presque complet pour le mercure (N = 223). Un échantillon n'affiche pas de données d'analyse du mercure. En appliquant des taux de matières sèches de substitution quand les données manquaient, on a pu étendre le jeu de données de 162 à 223 échantillons exploitables. Dans tous les échantillons où le mercure est analysé, cette substance peut être quantifiée avec un taux de détection de 100 %. Sur les 223 valeurs, 160 se rapportent à des espèces de poissons omnivores et 63 à des carnivores. La NQE biote de 20 µg/kg PF est dépassée dans 95 % des échantillons des omnivores et dans 98 % des échantillons des carnivores. Ces résultats concordent avec ceux d'évaluations antérieures obtenues pour le Rhin, de même qu'avec ceux de pratiquement tous les autres fleuves d'Allemagne (CIPR, 2018 ; Umweltbundesamt, 2023). La teneur normalisée la plus élevée dans les poissons omnivores est mesurée à Detzem dans la Moselle et s'élève à 314 µg/kg PF. Pour les poissons carnivores, elle s'élève à 550 µg/kg PF dans la Moselle également (Millery-Vandières) et est donc presque deux fois plus élevée que celle des poissons omnivores.

Les groupe des PBDE est également détecté dans tous les échantillons analysés (taux de détection de 100 %) pour lesquels une normalisation au taux de lipides était possible. On relève ici par ailleurs un taux élevé de dépassements des NQE, similaire à ceux du mercure, pour les six indicateurs des PBDE sélectionnés conformément à la DCE. La NQE biote des PBDE, fixée à 0,0085 µg/kg PF, est dépassée dans 97 % des échantillons exploitables (omnivores : 97 %, carnivores : 95 %). La contamination la plus forte dans les poissons omnivores est mesurée dans le Rhin au niveau de la masse d'eau de Clèves-Bimmen, avec une valeur de 47,9 µg/kg PF. La teneur la plus élevée pour les espèces carnivores est détectée dans la même masse d'eau. Elle est de 81,5 µg/kg PF et est donc près de mille fois plus élevée que la norme de qualité environnementale. Le dépassement à grande échelle de la NQE biote par les PBDE est également décrit dans les références bibliographiques (CIPR, 2018 ; Umweltbundesamt, 2023).

Le pourcentage de dépassement de la NQE dans les jeux de données normalisés des autres substances et groupes de substances évoquées dans le présent rapport est nettement inférieur dans la plupart des cas. Dans les poissons carnivores, cette valeur est de 69 % pour le PFOS (NQE : 9,1 µg/kg PF), de 37 % pour les dioxines et composés de type dioxine (NQE : 0,0065 µg/kg PF) et de 25 % pour l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore (NQE : 0,0067 µg/kg PF). Dans les poissons omnivores, les dépassements des normes de qualité environnementale respectives portent sur un nombre sensiblement moins important d'échantillons. Les pourcentages de dépassement de NQE dans les poissons omnivores sont de 28 % pour le PFOS, de 20 % pour les dioxines et composés de type dioxine et de 22 % pour l'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore. À l'opposé de cette tendance, le pourcentage de dépassement de la NQE de l'hexachlorobenzène est plus faible dans les poissons carnivores (2 %) que dans les poissons omnivores (8 %). La NQE biote respective du dicofol, de l'hexachlorobutadiène et de l'hexabromocyclododécane est respectée dans tous les tronçons des cours d'eau analysés du bassin du Rhin.

Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

L'heptachlore et l'époxyde d'heptachlore sont quantifiés dans 29 % des échantillons exploitables avec des teneurs supérieures à la limite de quantification respective. Dans 23 % des échantillons exploitables, la teneur identifiée est supérieure à la NQE biote fixée à 0,0067 µg/kg PF (omnivores : 22 %, carnivores : 25 %). Le fait que les limites de quantification de nombreux laboratoires sont en partie nettement supérieures aux NQE biote de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore est jugé problématique. Les échantillons

analysés dans les laboratoires disposant de limites de quantification suffisamment basses sautent souvent aux yeux du fait d'un dépassement d'une NQE. Par conséquent, la norme de qualité environnementale est fondamentalement contrôlable, mais elle dépend toutefois du laboratoire sélectionné et est donc classée « partiellement » contrôlable dans les Tableau 14 à 16. En raison du pourcentage relativement élevé de dépassements de la NQE quand les limites de quantification sont suffisamment basses, on recommande de faire contrôler cette norme par les laboratoires disposant de méthodes d'analyse suffisamment sensibles.

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 75/221 -

Tableau 14 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans les poissons omnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au TMS (y compris les matières sèches de substitution) ; autres substances : normalisation aux lipides Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

| (Groupe de substance(s)) | N | Moyenne [µg/kg PF] | Écart type [µg/kg PF] | Médiane [µg/kg PF] | Min [µg/kg PF] | Max [µg/kg PF] | Masse d'eau avec pression maximale | Dépassement de la NQE ⁹ | NQE contrôlable ? |
|--|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Hg | 160 | 66,9 | 45,5 | 53,2 | 10,8 | 314 | Mosel - Detzem | 95 % | Oui |
| PFOS | 159 | 9,15 | 13,6 | 5,78 | < LQ | 107 | Rhin - Karlsruhe | 28 % | Oui |
| PCDD/F+PCB type dioxine ¹⁰ | 155 | 0,00487 | 0,00691 | 0,00313 | < LQ | 0,0589 | Rhin - Clèves-Bimmen | 20 % | Oui |
| HCBD | 143 | 2,67 | 9,45 | 0,238 | < LQ | 52,3 | Lippe / Wesel | 0 % | Oui |
| HBCDD | 152 | 6,42 | 13,2 | 2,71 | < LQ | 97,6 | Rhin - Clèves-Bimmen | 0 % | Oui |
| PBDE | 157 | 5,45 | 7,57 | 2,49 | < LQ | 47,9 | Rhin - Clèves-Bimmen | 97 % | Oui |
| HCB | 157 | 4,84 | 9,44 | 1,43 | < LQ | 55,6 | Rhin - Mannheim | 8 % | Oui |
| Dicofol | 23 | < LQ | - | < LQ | < LQ | < LQ | - | 0 % | Oui |
| HC + HCE | 149 | 0,186 | 0,207 | 0,108 | < LQ | 0,975 | Rhin - Clèves-Bimmen | 22 % | En partie |

Tableau 15 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans les poissons carnivores : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au taux de matières sèches ; autres substances : normalisation au taux de lipides. Toutes les données ont été

⁹ Conformément à la directive 2013/39/UE

¹⁰ En tant que TEQ de l'OMS

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 76/221 -

converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

| (Groupe de) substance(s) | N | Moyenne [µg/kg PF] | Écart type [µg/kg PF] | Médiane [µg/kg PF] | Min [µg/kg PF] | Max [µg/kg PF] | Masse d'eau avec pression maximale | Dépassement de la NQE ¹¹ | NQE contrôlable ? |
|--|----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|--|----------------------|
| Hg | 63 | 138 | 87,9 | 126 | 11,8 | 550 | Mosel - Millery – Vandières | 98 % | Oui |
| PFOS | 61 | 18,2 | 13,7 | 14,2 | < LQ | 69,9 | Moselle (Palzem) | 69% | Oui |
| PCDD/F+PCB type dioxine ¹² | 59 | 0,00806 | 0,0125 | 0,00428 | < LQ | 0,0727 | Rhin - Clèves-Bimmen | 37% | Oui |
| HCBD | 57 | 0,7 | 0,973 | 0,290 | < LQ | 2,972 | Lippe / Wesel | 0 % | Oui |
| HBCDD | 59 | 8,90 | 14,1 | 2,26 | < LQ | 63,4 | Rhin - Clèves-Bimmen | 0 % | Oui |
| PBDE | 59 | 13,4 | 17,5 | 7,60 | < LQ | 81,5 | Rhin - Clèves-Bimmen | 95 % | Oui |
| HCB | 59 | 3,70 | 5,17 | 2,25 | < LQ | 27,3 | Rhin - Clèves-Bimmen | 2 % | Oui |
| Dicofol | 6 | < LQ | - | < LQ | < LQ | < LQ | - | 0 % | Oui |
| HC + HCE | 59 | 0,390 | 0,395 | 0,189 | < LQ | 1,50 | Neckar, Mannheim | 25 % | En partie |

¹¹ Conformément à la directive 2013/39/UE

¹² En tant que TEQ de l'OMS

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 77/221 -

Tableau 16 : Synthèse des teneurs normalisées de polluants dans tous les poissons (omnivores et carnivores) : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2022. Mercure et PFOS : normalisation au taux de matières sèches ; autres substances : normalisation au taux de lipides. Toutes les données ont été converties au tissu d'échantillonnage pertinent pour le contrôle de la NQE. Dans le cas de l'HCBD et de HC + HCE, le filet et le poisson entier ont été regroupés.

| (Groupe de substance(s)) | N | Moyenne [µg/kg PF] | Écart type [µg/kg PF] | Médiane [µg/kg PF] | Min [µg/kg PF] | Max [µg/kg PF] | Masse d'eau avec pression maximale | Dépassement de la NQE ¹³ | NQE contrôlable ? |
|--|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|--|----------------------|
| Hg | 223 | 86,9 | 68,4 | 65,4 | 10,8 | 550 | Mosel - Millery – Vandières | 96 % | Oui |
| PFOS | 220 | 11,7 | 14,2 | 7,77 | < LQ | 107 | Rhin - Karlsruhe | 40 % | Oui |
| PCDD/F+PCB type dioxine ¹⁴ | 214 | 0,00576 | 0,00894 | 0,00333 | < LQ | 0,0727 | Rhin - Clèves-Bimmen | 25 % | Oui |
| HCBD | 200 | 2,30 | 8,58 | 0,264 | < LQ | 52,3 | Lippe / Wesel | 0 % | Oui |
| HBCDD | 211 | 7,29 | 13,6 | 2,59 | < LQ | 97,6 | Rhin - Clèves-Bimmen | 0 % | Oui |
| PBDE | 216 | 7,57 | 11,7 | 2,91 | < LQ | 81,5 | Rhin - Clèves-Bimmen | 97 % | Oui |
| HCB | 216 | 4,60 | 8,73 | 1,71 | < LQ | 55,6 | Rhin - Mannheim | 6 % | Oui |
| Dicofol | 29 | < LQ | - | < LQ | < LQ | < LQ | - | 0 % | Oui |
| HC + HCE | 208 | 0,237 | 0,281 | 0,124 | < LQ | 1,50 | Neckar, Mannheim | 23 % | En partie |

¹³ Conformément à la directive 2013/39/UE

¹⁴ En tant que TEQ de l'OMS

Les représentations graphiques sous forme de boîtes à moustaches des concentrations des substances et groupes de substances dans les différentes espèces de poissons se retrouvent dans les figures 31 à 38. La norme de qualité environnementale respective est tracée dans les graphiques sous forme de ligne rouge, dans la mesure où cette représentation est possible à l'échelle donnée. Toutes les données sont normalisées au taux de lipides ou de matières sèches, comme indiqué dans les légendes des figures, et converties au tissu d'échantillonnage concerné. Comme il est impossible, par manque de facteurs correspondants, de convertir entre filet et poisson entier dans le cas de l'hexachlorobutadiène ainsi que de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore, et comme le filet et le poisson entier affichent des fourchettes de valeurs similaires (voir chapitre 4.1.3), les données de filet et de poisson entier sont regroupées dans ces deux cas. Le nombre parfois limité d'échantillons exploitables par espèce de poisson empêche parfois la réalisation de boîtes à moustaches. On ajoute alors les valeurs moyennes sous forme de losanges. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

Les figures ci-après affichent une image contrastée des teneurs polluantes dans les différentes espèces de poissons. Les modèles varient en fonction des substances et des données disponibles. On relève comme élément commun le fait que les perches fluviatiles entrent dans la catégorie des trois espèces de poissons les plus contaminées, et ceci pour tous les polluants. Cette constatation est due d'une part à l'alimentation carnivore et au niveau trophique élevé des perches fluviatiles qui y est lié, et d'autre part au pourcentage élevé de perches fluviatiles dans le jeu total de données. Sous l'angle de la contamination, l'ordre des trois espèces de poissons les plus fréquemment échantillonnées est chevesne < gardon < perche fluviatile et il correspond à leur classement trophique dans la chaîne alimentaire (www-fishbase.de, Froese and Pauly (2024)).

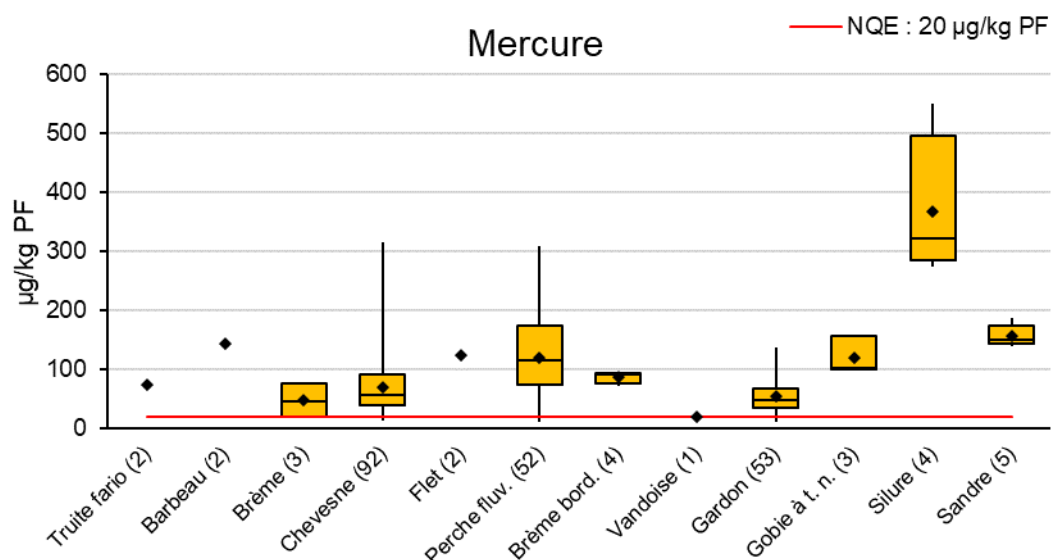


Figure 31 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 1 : mercure (normalisation au TMS ; y compris TMS de substitution ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

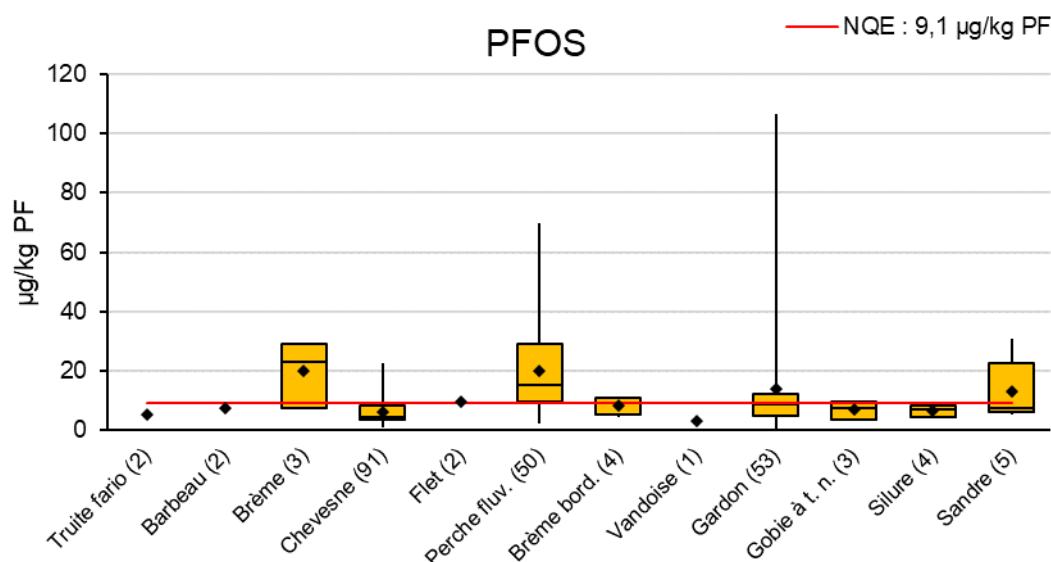


Figure 32 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 2 : PFOS (normalisation au TMS ; y compris TMS de substitution ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

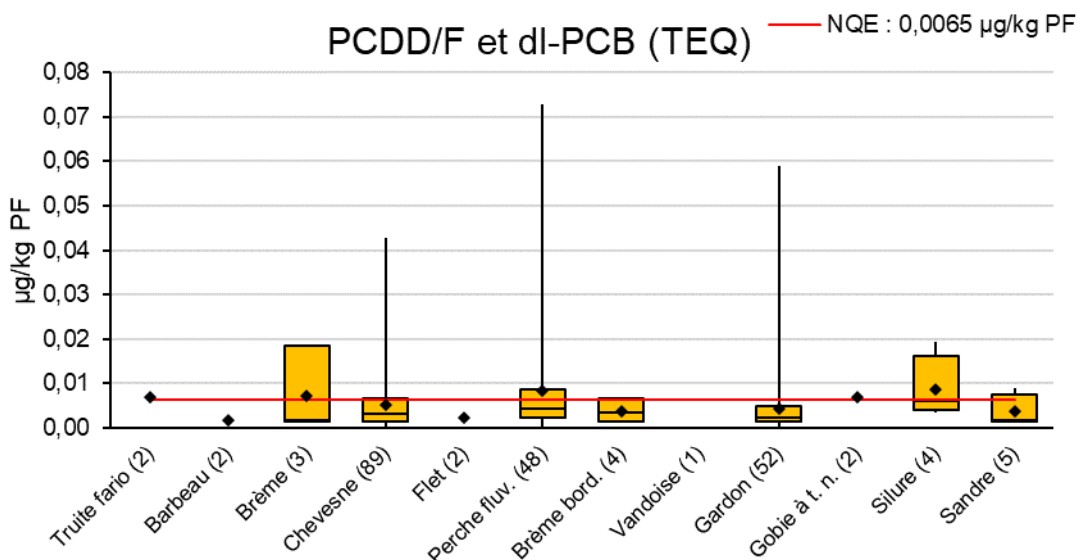


Figure 33 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

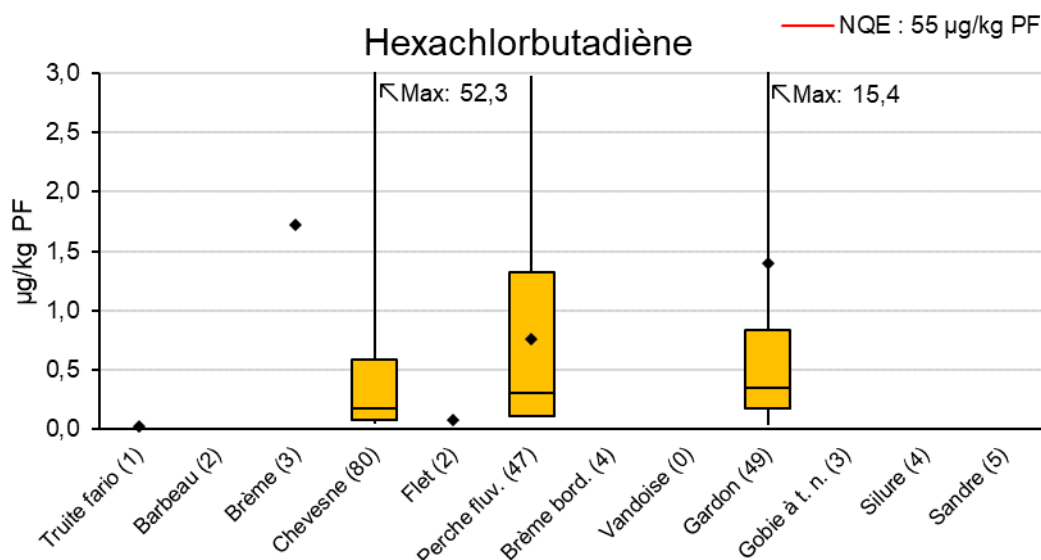


Figure 34 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 4 : hexachlorobutadiène (normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

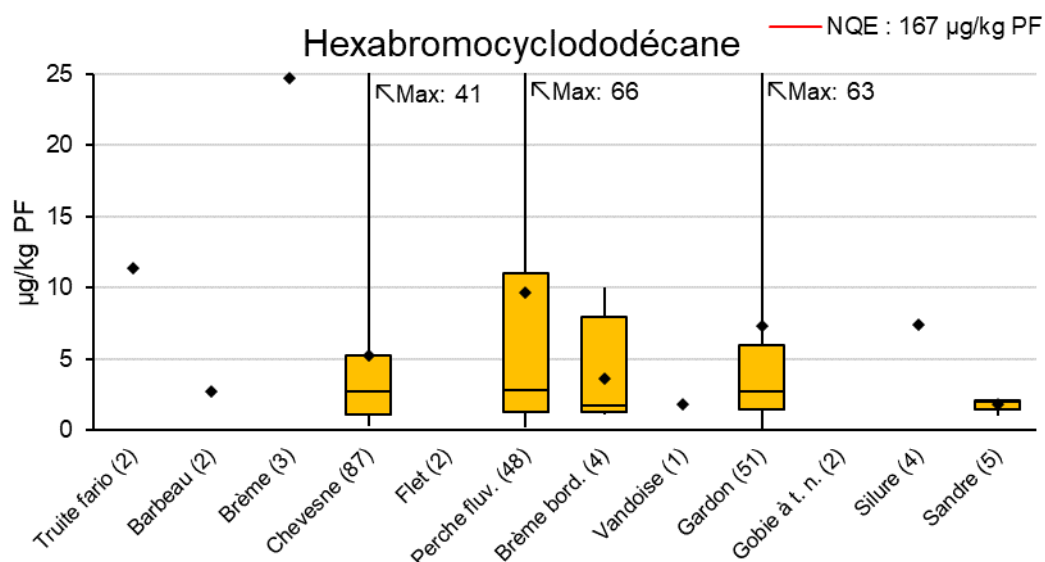


Figure 35 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 5 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

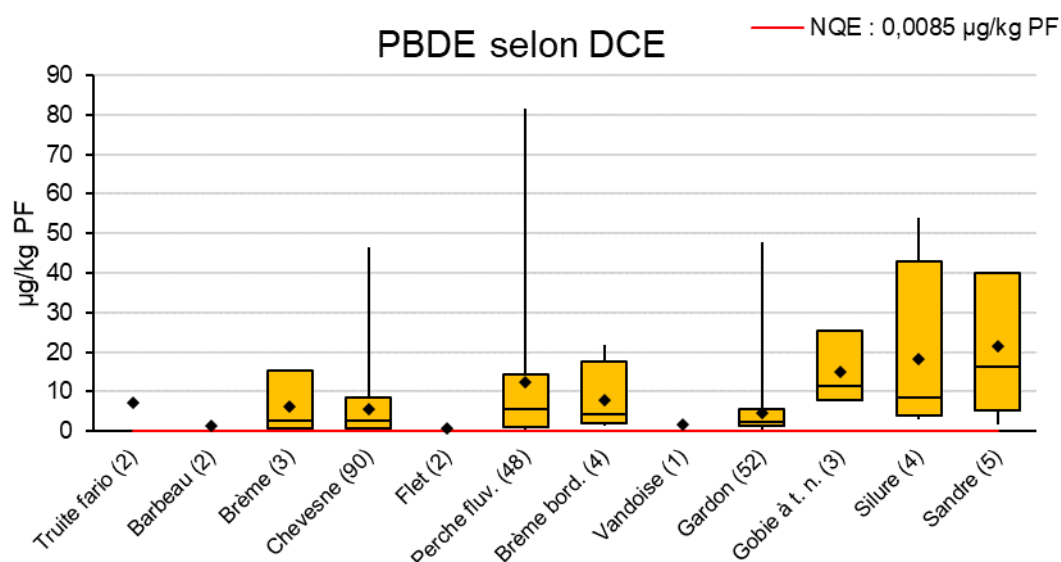


Figure 36 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 6 : PBDE selon la DCE (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

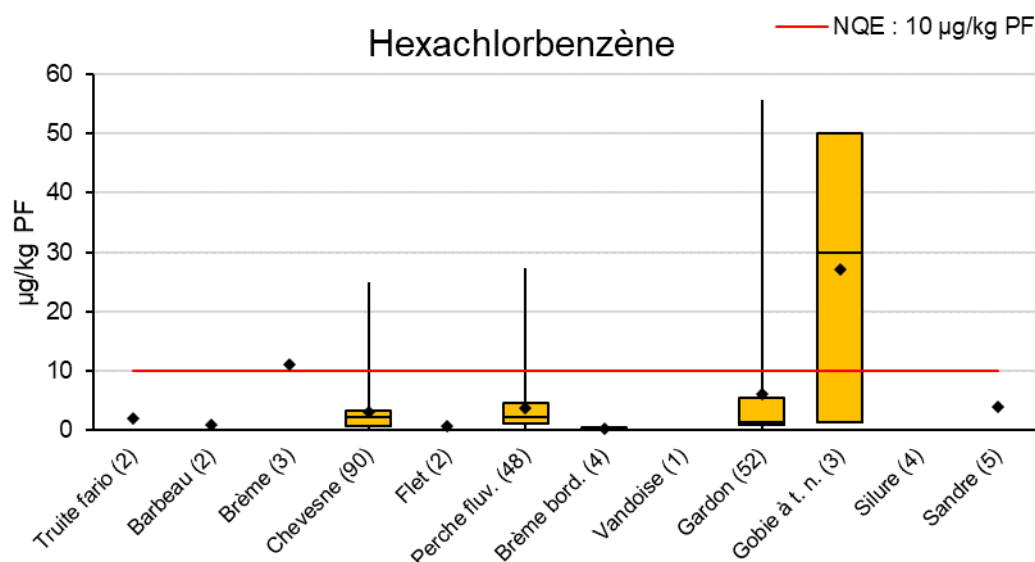


Figure 37 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 7 : hexachlorobenzène (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

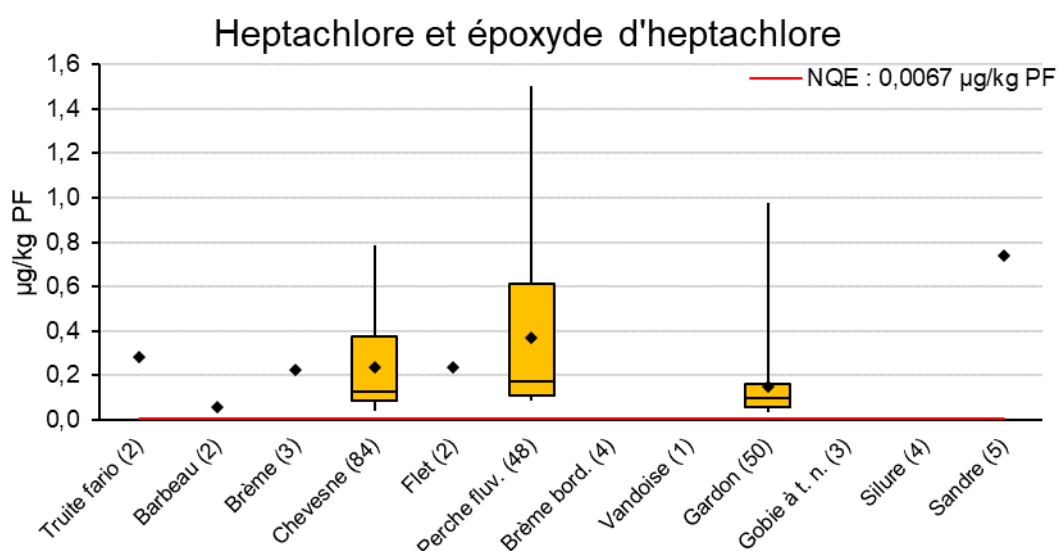


Figure 38 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse séparés par espèce de poissons. Partie 9 : Heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL ; conversion au filet ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

4.1.6 Comparaison spatiale

Pour pouvoir comparer la distribution spatiale les teneurs de polluants le long du Rhin et de ses affluents, on calcule des valeurs moyennes pour chaque masse d'eau puis on reporte ces valeurs dans des graphiques. La distribution des données se fait sur trois périodes : de 2015 à 2016, de 2017 à 2019 et de 2020 à 2022. Pour autant que possible, toutes les données ont été converties au tissu pertinent pour le contrôle des NQE (filet ou poisson entier). Comme expliqué dans le chapitre 4.1.4, on constate parfois des différences statistiques significatives entre les contaminations polluantes des espèces de poissons omnivores et celles des carnivores. Pour cette raison, l'évaluation de la distribution spatiale se fait dans de tels cas sur la base des espèces omnivores. Le Tableau 17 ci-dessous indique sous forme d'aperçu général quelles données d'analyse sont exploitées pour quelle substance polluante et comment elles le sont.

L'examen de la comparaison spatiale est effectué d'une part pour les teneurs polluantes non normalisées (chapitre 4.1.6.1) et d'autre part, de manière distincte, pour les teneurs normalisées (chapitre 4.1.6.2). La normalisation des teneurs polluantes respectives s'est rapportée, en fonction des propriétés des substances, au taux de lipides ou de matières sèches (voir Tableau 17).

Tableau 17 : Aperçu des tissus et des espèces de poissons en fonction du niveau trophique (omnivores et carnivores) utilisés pour l'évaluation dans l'espace et type de normalisation par (groupe de) substance(s).

| (Groupe de) substance(s) | Tissu d'échantillonnage | Niveau trophique | Normalisation |
|-----------------------------|---|------------------------|-----------------|
| Mercuré | Poisson entier (y compris filet après conversion) | Omnivores | Matières sèches |
| PFOS | Filet (y compris poisson entier après conversion) | Omnivores | Matières sèches |
| PCDD/F+PCB | | Omnivores + carnivores | Lipides |
| type dioxine | Filet (y compris poisson entier après conversion) | | |
| HCBd | Filet et poisson entier regroupés | Omnivores + carnivores | Lipides |
| HBCDD | Poisson entier (y compris filet après conversion) | Omnivores + carnivores | Lipides |
| PBDE | Filet (y compris poisson entier après conversion) | Omnivores | Lipides |
| Hexachlorobenzène | | Omnivores + carnivores | Lipides |
| e | Filet (y compris poisson entier après conversion) | | |
| Dicofol | - | - | Lipides |
| HC+HCE : | Filet et poisson entier regroupés | Omnivores + carnivores | Lipides |

La partie supérieure des figures 41 à 58 montre la pression de chaque polluant sur le cours du Rhin, du Neckar et de la Moselle. À titre complémentaire, la partie inférieure de chaque graphique montre la pression de ce polluant le long de la Sarre, de la Lahn, de la Sûre, de la Meurthe et d'autres affluents (Alzette, Blies, Kinzig, Lippe, Main, Ruhr, Schwarzbach,

Weschnitz, Wupper ; par ordre alphabétique), pour lesquels on ne dispose que d'une seule masse d'eau dans chaque cours d'eau. En outre, les données ont été évaluées de manière séparée sur les trois périodes susmentionnées pour faciliter l'observation des tendances dans le temps pour chaque masse d'eau dans les graphiques des pressions polluantes. Toutefois, en raison du faible nombre d'intervalles dans le temps, ces observations de tendances ne se réfèrent pas à des méthodes fondées sur des statistiques mais à une évaluation à vue des trois périodes.

4.1.6.1 Teneurs non normalisées de polluants

On trouvera la représentation graphique des pressions non normalisées des différents polluants dans les Figure 39 à Figure 46. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

Il n'est cependant pas partout possible de remplir complètement les graphiques. Ceci vient d'une part du fait qu'on ne dispose pas de données d'analyse d'une substance ou d'un groupe de substances pour chaque masse d'eau et chaque période, et d'autre part de la nécessité d'écarter certaines données, par exemple quand on ne dispose que de données sur des espèces carnivores pour des substances qui ne peuvent être évaluées que pour des poissons omnivores (cf. Tableau 17 et chapitre 4.1.4).

On constate en moyenne dans tous les cours d'eau présentés dans la Figure 39, à l'exception de quelques masses d'eau, un dépassement de la norme de qualité environnementale du mercure (20 µg/kg PF). Les contaminations les plus élevées sont identifiées dans la Moselle à Tonnoy et à Liverdun, de même que dans le Nieuwe Waterweg et dans la Wupper.

Pour le PFOS (NQE : 9,1 µg/kg PF), les deux teneurs de loin les plus élevées sont identifiées dans le Rhin à hauteur de Karlsruhe et de Mannheim sur la période 2020-2022. On relève que les teneurs étaient nettement plus basses au cours de la période précédente 2017-2019. La masse d'eau suivante vers l'aval, celle de Petersau, affiche également des teneurs particulièrement élevées sur la période 2015-2016 considérée.

Selon les périodes, les pressions moyennes de dioxine et de composés de type dioxine les plus élevées, sont constatées dans la Wupper à Opladen et dans le Rhin (St. Goar et Bad Honnef). On relève ici que les valeurs moyennes les plus élevées proviennent de la période 2015-2016. Là où des comparaisons étaient possibles avec des périodes de prélèvement ultérieures, les teneurs sont généralement sensiblement plus basses. Toutes les teneurs non

normalisées de dioxines et de composés de type dioxine sont inférieures à la norme de qualité environnementale de 0,0065 µg/kg PF.

Dans le cas de l'hexachlorobutadiène, les données disponibles sont plutôt restreintes, comme le montre la Figure 42. La teneur dans la Lippe à Wesel sur la période 2015-2016 est particulièrement frappante. Avec une moyenne de 11,5 µg/kg PF, elle reste cependant inférieure à la norme de qualité environnementale de 55 µg/kg PF. Dans la même masse d'eau, la teneur est sensiblement plus basse sur la période 2020-2022.

Les teneurs d'hexabromocyclododécane sont toutes nettement inférieures à la norme de qualité environnementale de 167 µg/kg PF. Les teneurs les plus élevées sont identifiées dans la Sarre à Grosbliederstroff/Güdingen à la frontière franco-allemande (2015-2016), dans le Rhin à St. Goar (2015-2016), de même que dans la Wupper à Opladen (2015-2016). Les prélèvements ultérieurs dans les mêmes masses d'eau affichent des valeurs décroissantes au fil du temps.

La norme de qualité environnementale (0,0085 µg/kg PF) des six PBDE pertinents pour la directive cadre Eau est dépassée en moyenne dans presque toutes les masses d'eau et sur presque toutes les périodes de prélèvement. Les teneurs les plus hautes proviennent de la Lippe à Wesel, de la Moselle à Millery-Vandières et de la Sarre avec plusieurs masses d'eau. Ici encore, les teneurs maximales sont identifiées pendant la période 2015-2016, ce qui permet de relever une tendance fondamentalement à la baisse au fil du temps.

Comme le montre la Figure 45, les teneurs les plus élevées d'hexachlorobenzène sont détectées pour la plupart dans le Rhin même. La norme de qualité environnementale de 10 µg/kg PF n'est dépassée dans aucune des masses d'eau pour les teneurs non normalisées d'hexachlorobenzène.

La représentation graphique de la distribution spatiale de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore (Figure 46) montre un degré apparemment élevé de dépassements de la norme de qualité environnementale, en particulier dans le Rhin, la Moselle, la Sûre, la Lippe, la Ruhr et la Wupper. Il convient de rappeler ici à titre complémentaire que les données sur l'heptachlore et sur l'époxyde d'heptachlore sont en grande partie inférieures aux limites spécifiques des laboratoires, mais qu'elles dépassent cependant fréquemment la norme de qualité environnementale de 0,0067 µg/kg PF. Pour cette raison déjà décrite au chapitre 4.1.5, il est difficile d'estimer si la norme de qualité environnementale est contrôlable, étant donné que des dépassements potentiels de cette norme risquent de ne pas être vus. Les teneurs les plus élevées sont déterminées dans le Rhin (masses d'eau néerlandaises) ainsi que dans la Moselle à Millery-Vandières.

Pour les données non normalisées sur les poissons, les Figure 68 à Figure 85 en annexe présentent la distribution spatiale sous forme de cartes des pressions.

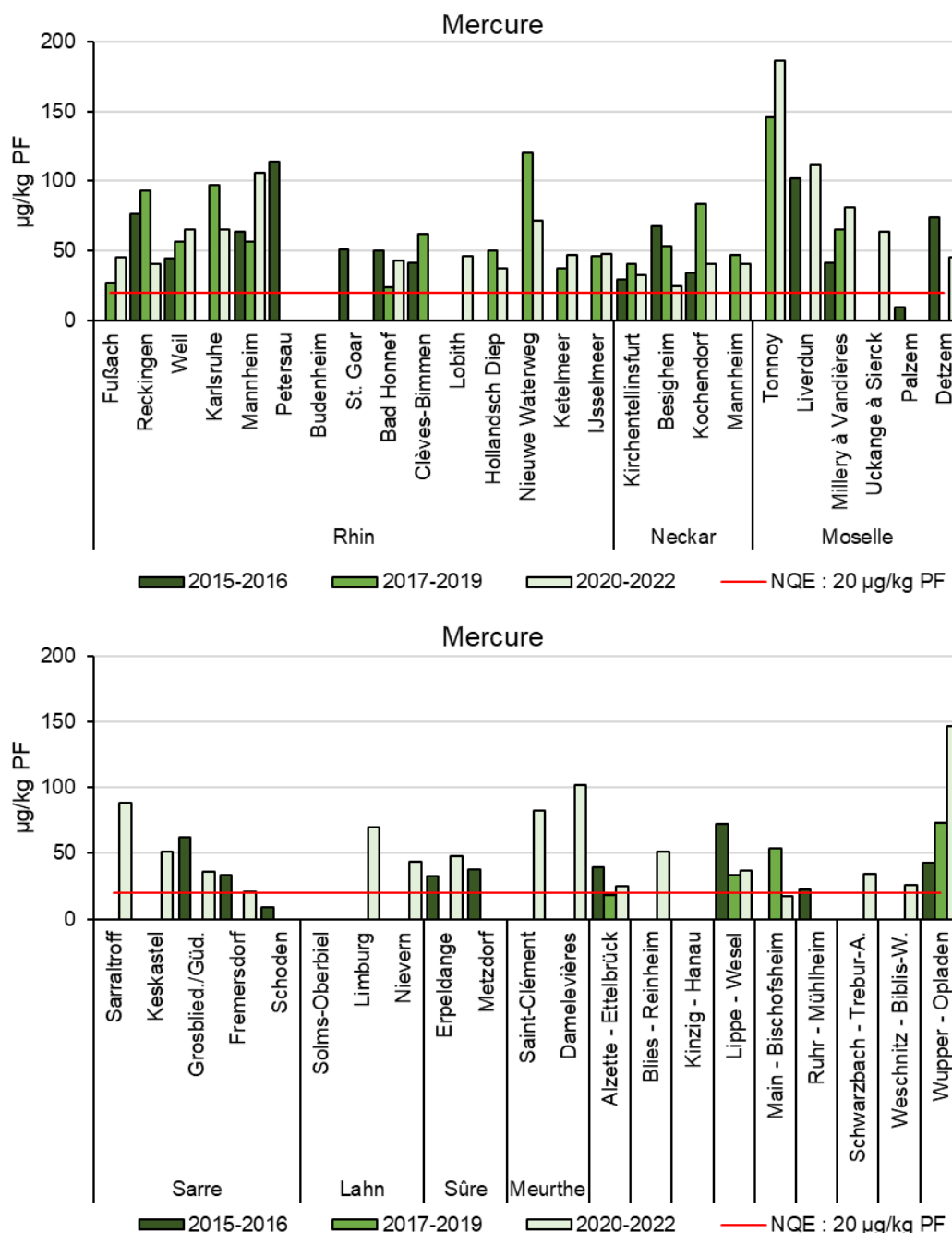


Figure 39 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Mercure (sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores).

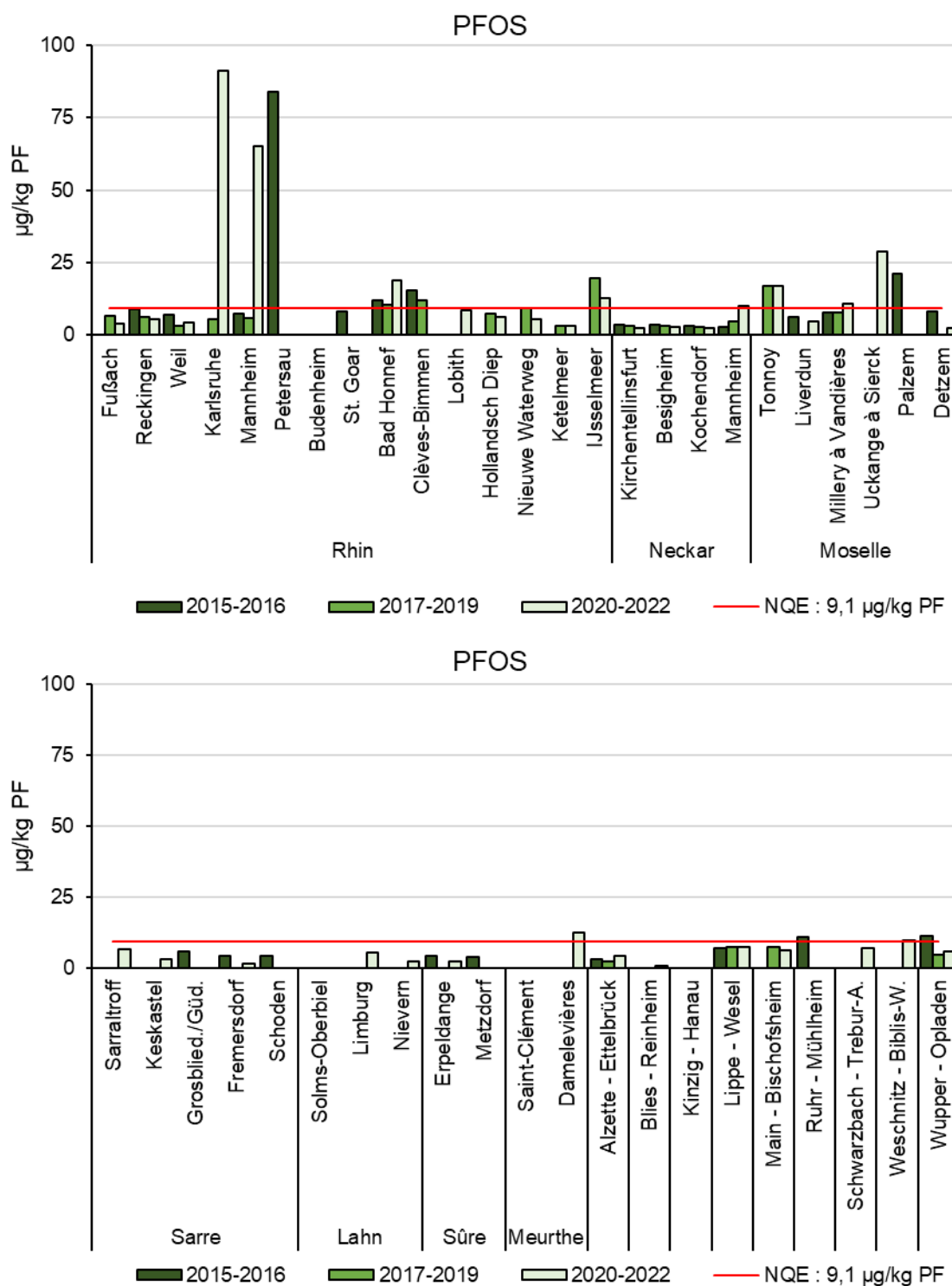


Figure 40 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : PFOS (sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores).

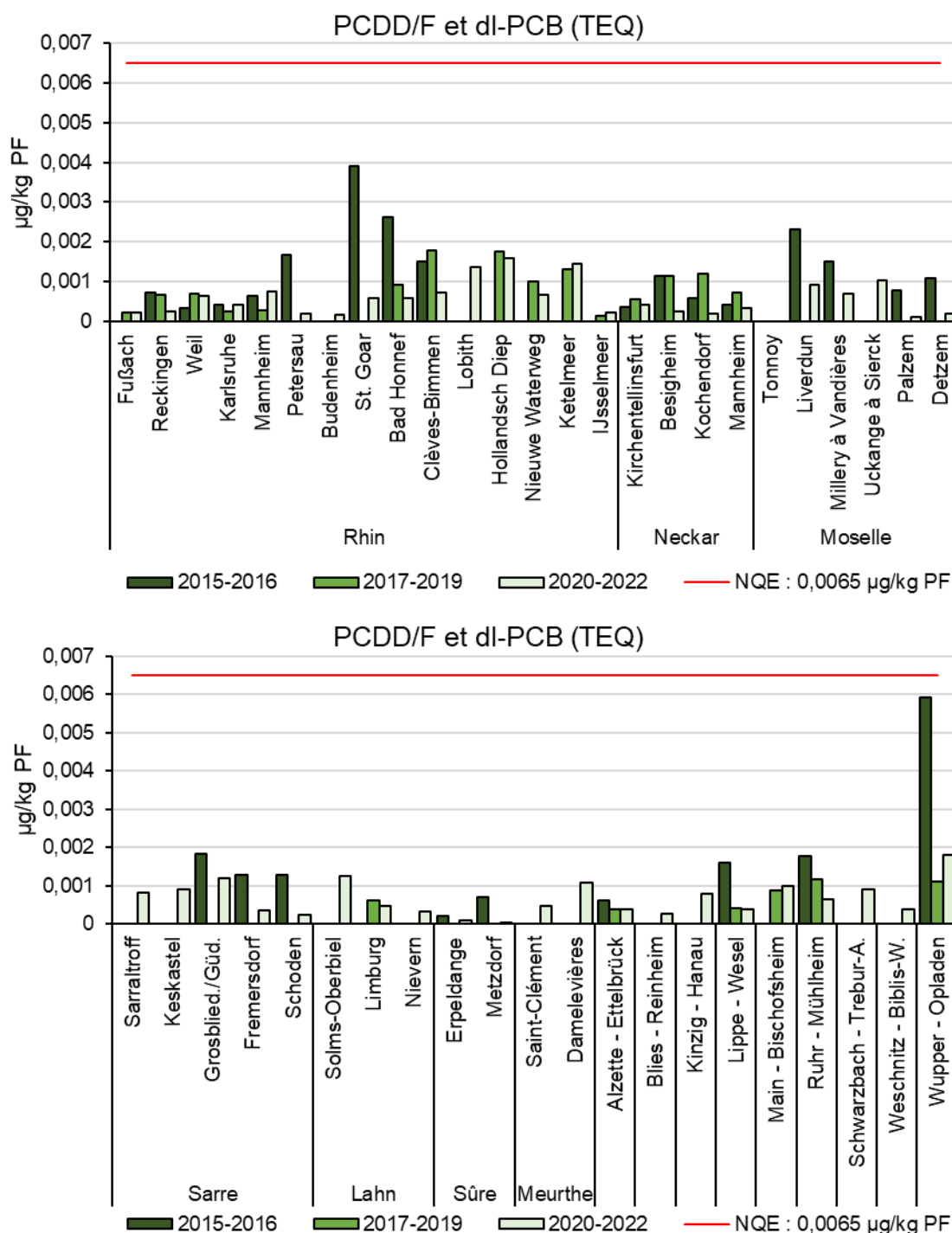


Figure 41 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation, conversion au filet, omnivores et carnivores).

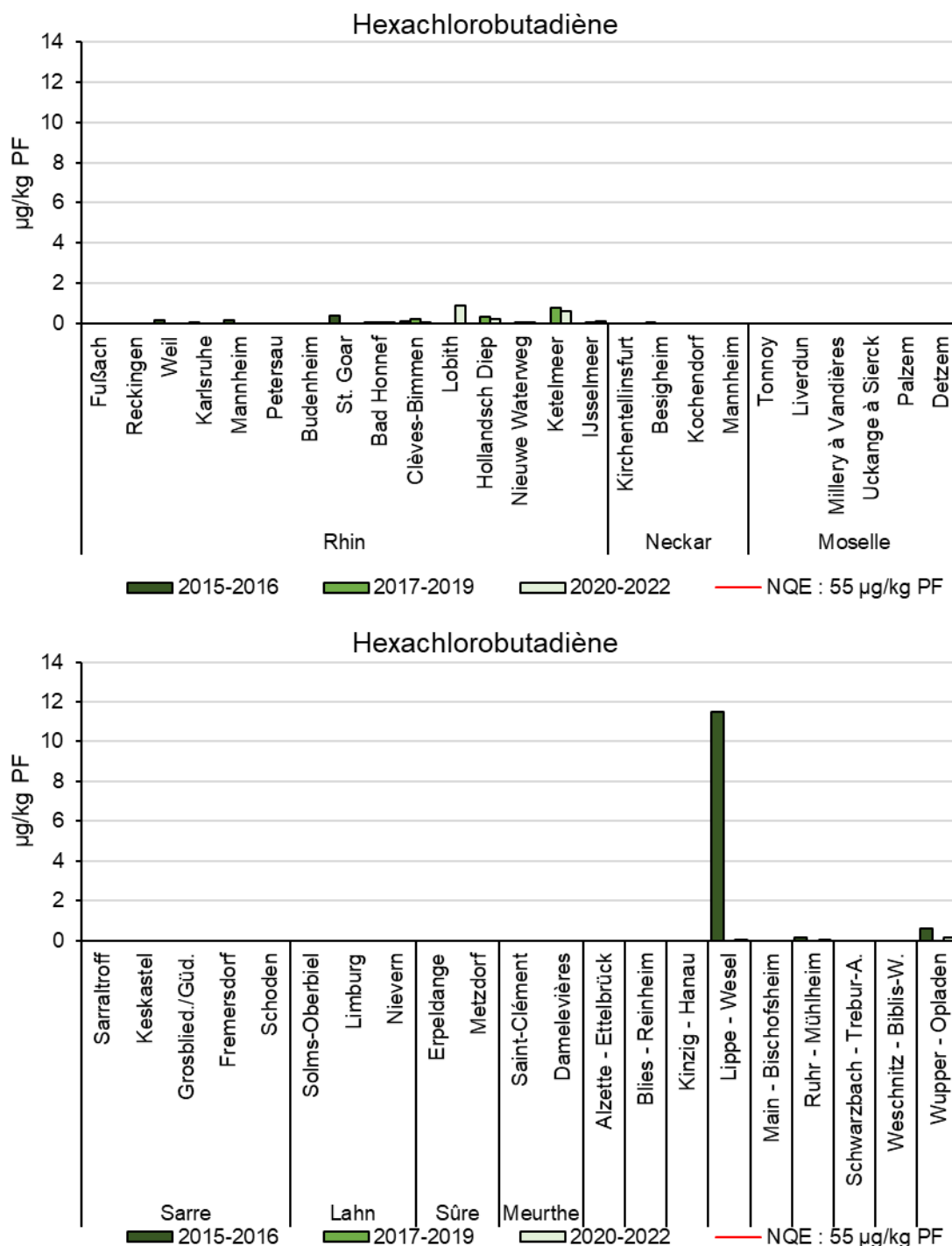


Figure 42 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 4 : Hexachlorobutadiène (sans normalisation, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).

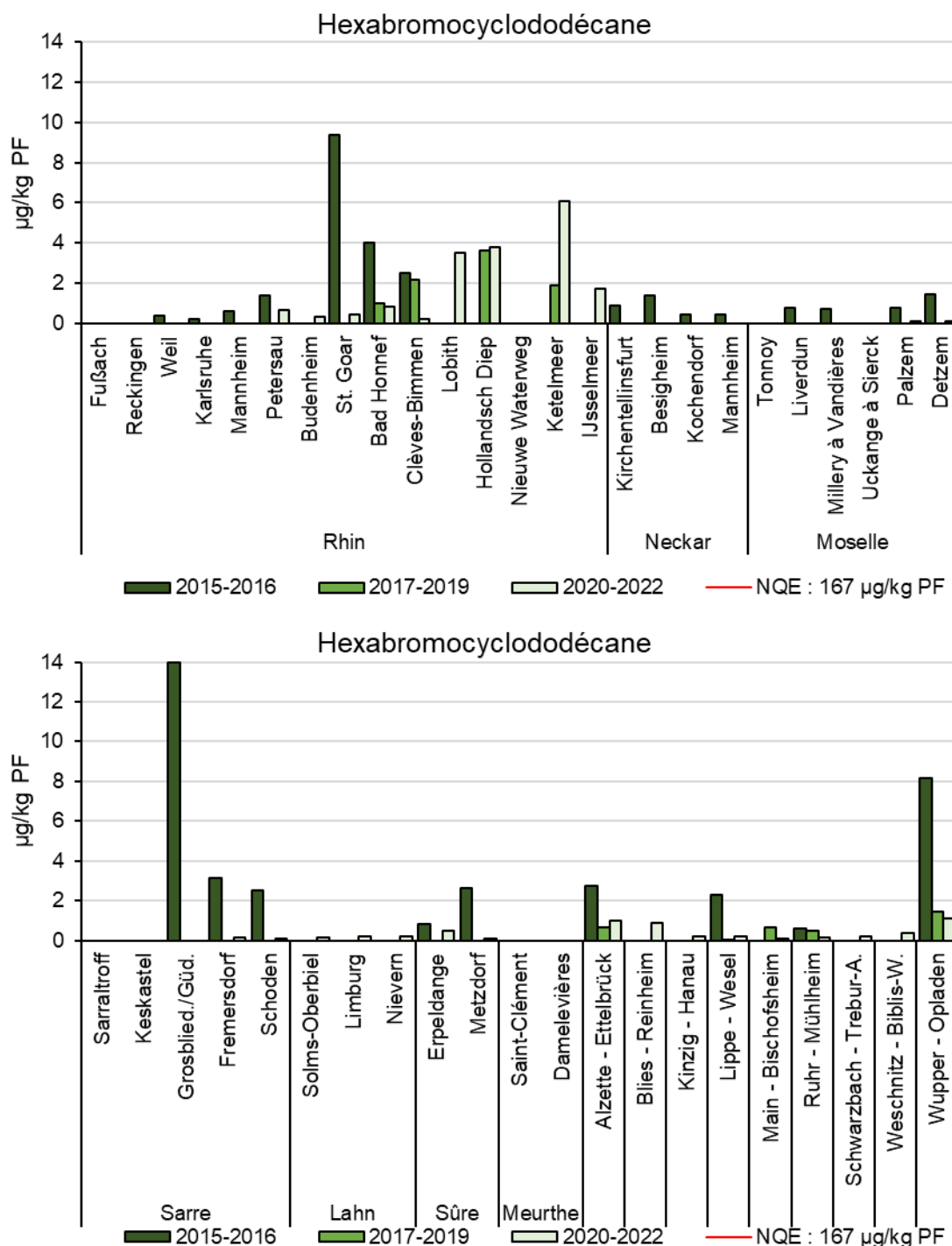


Figure 43 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 5 : Hexabromocyclododécane (sans normalisation ; conversion au poisson entier, omnivores et carnivores).

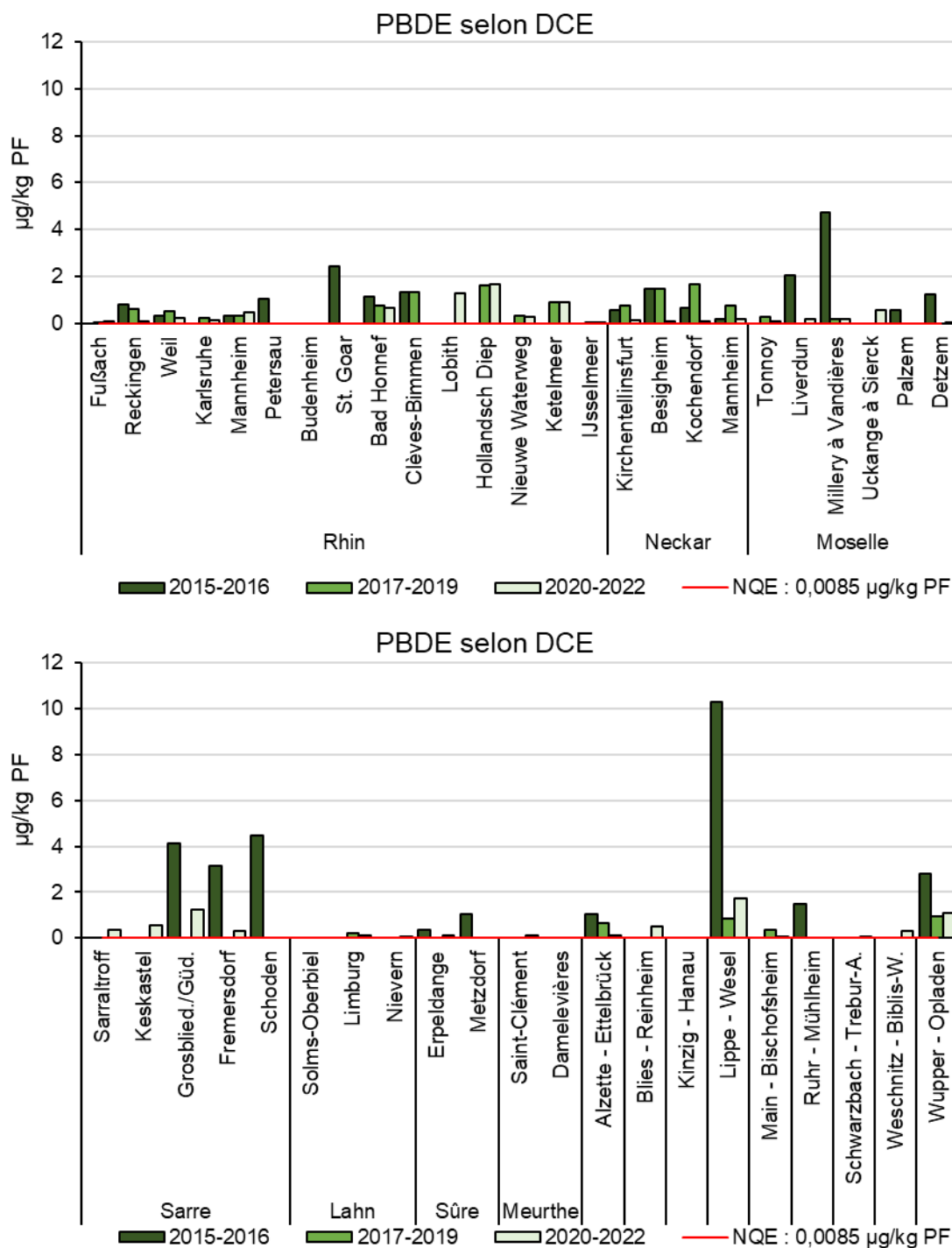


Figure 44 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 6 : PBDE selon la DCE (sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores).

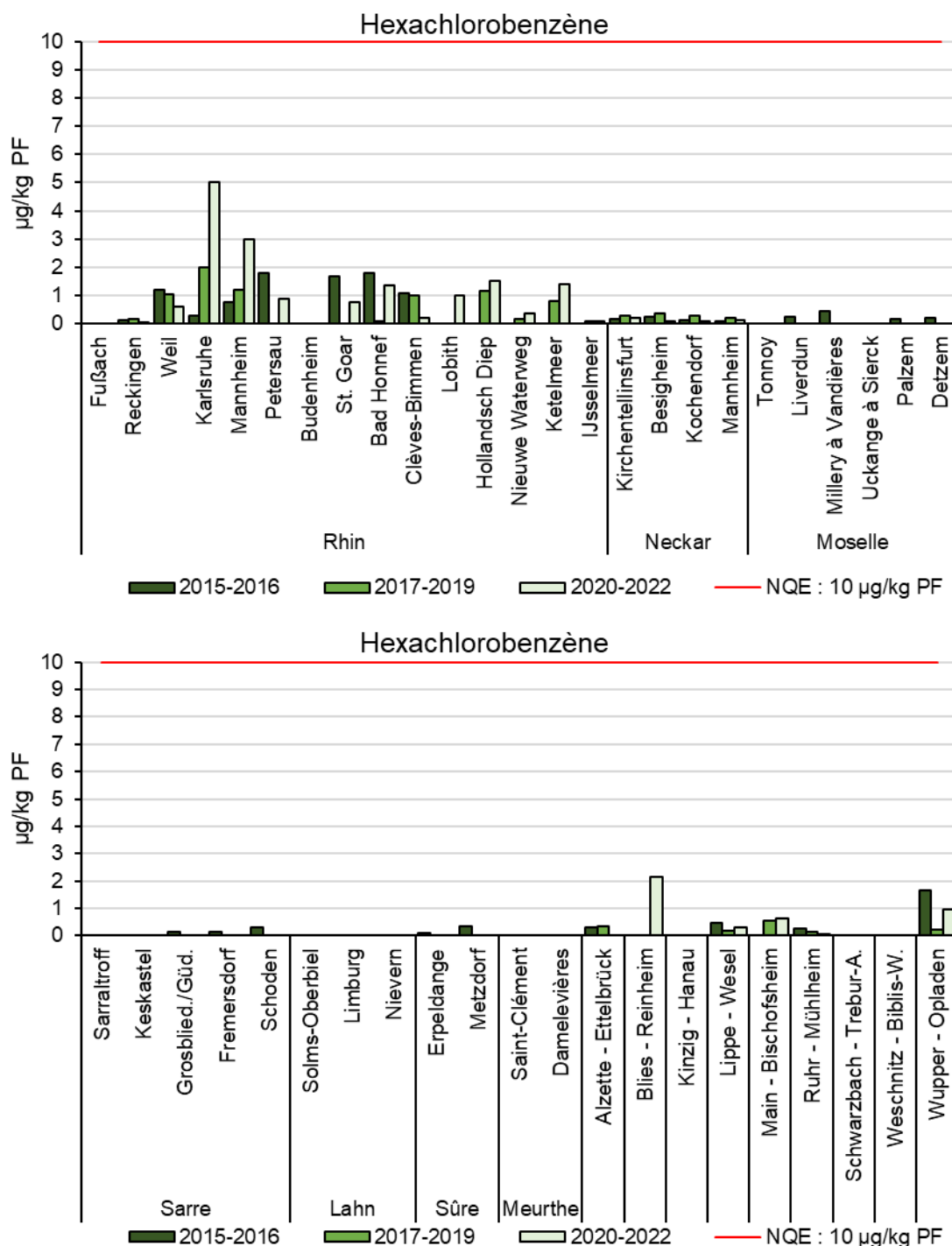


Figure 45 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 7 : Hexachlorobenzène (sans normalisation, conversion au filet, omnivores et carnivores).

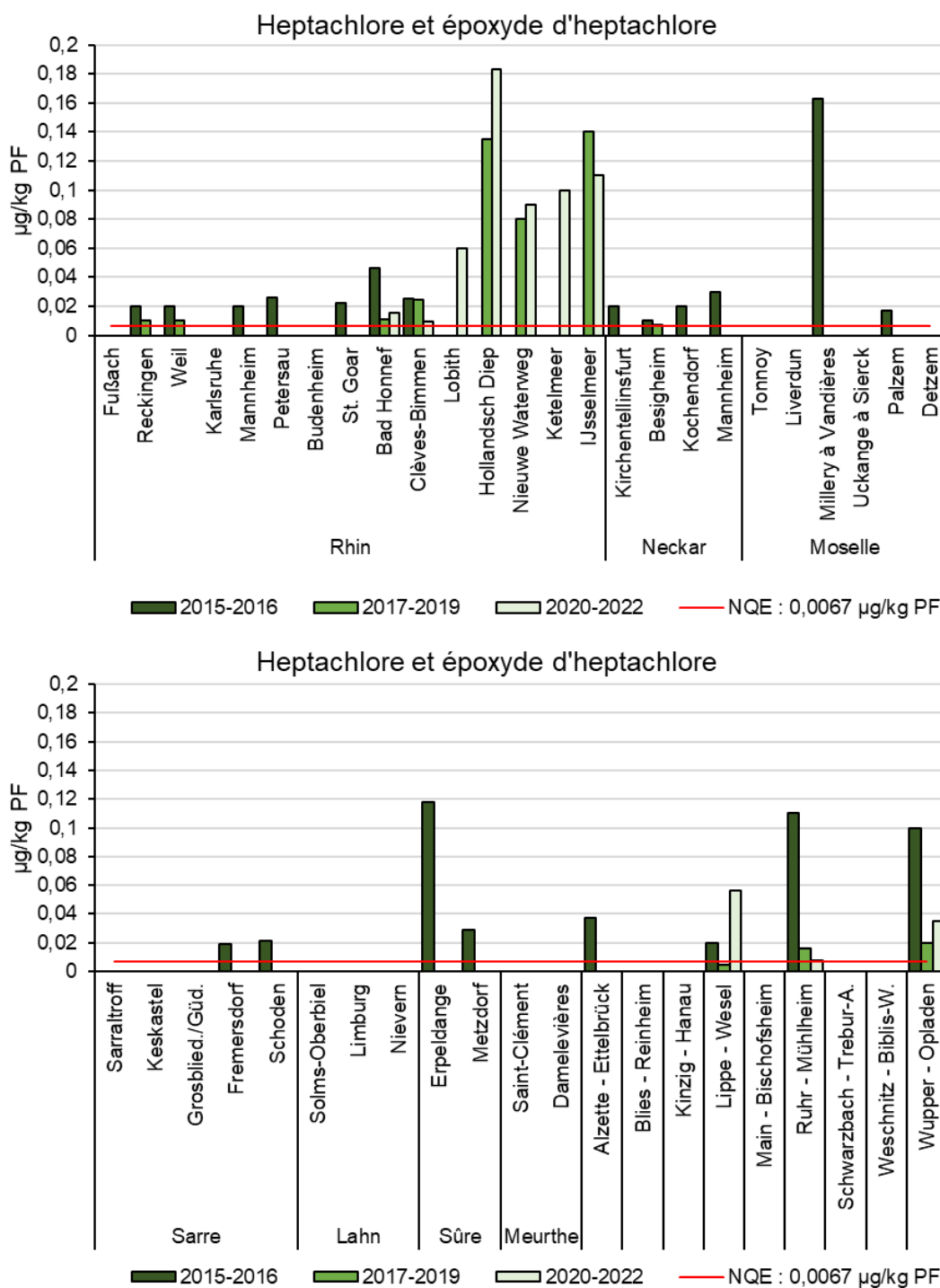


Figure 46 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 9 : Heptachlore et époxyde d'heptachlore (sans normalisation, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).

4.1.6.2 Teneurs normalisées de polluants

On trouvera la représentation graphique des pressions normalisées des différents polluants dans les Figure 47 à Figure 54. Aucune valeur supérieure à la limite de quantification spécifique des laboratoires n'est déterminée dans le cas du pesticide dicofol. Comme les limites de quantification des différents laboratoires sont cependant toutes inférieures à la NQE biote de 33 µg/kg PF, cette limite est considérée fondamentalement contrôlable.

Il n'est cependant pas partout possible de remplir complètement les graphiques. Ceci vient d'une part du fait qu'on ne dispose pas de données d'analyse d'une substance ou d'un groupe de substances pour chaque masse d'eau et chaque période, et d'autre part de la nécessité d'écarter certaines données, par exemple quand une normalisation est impossible par manque de données sur le taux de matières sèches ou de lipides ou quand on ne dispose que de données sur des espèces carnivores pour des substances qui ne peuvent être évaluées que pour des poissons omnivores (cf. Tableau 17 et chapitre 4.1.4). Quand le taux de matières sèches n'était pas disponible, un taux de matières sèches de substitution correspondant a été utilisé pour le filet ou le poisson entier, ce qui a permis de contourner ce problème.

On constate en moyenne dans tous les cours d'eau présentés dans la Figure 47, à quelques exceptions près, un dépassement de la norme de qualité environnementale du mercure (20 µg/kg PF). Les contaminations les plus élevées sont identifiées dans la Moselle à Tonnoy et à Liverdun, de même que dans diverses masses d'eau du Rhin. Il n'est pas observé d'évolution uniforme des pressions de mercure au fil du temps entre les trois périodes de temps.

Le remplacement des données manquantes sur le taux de matières sèches par des valeurs de substitution fait augmenter, dans le cas du PFOS également (NQE 9,1 µg/kg PF), le nombre de données représentables sous forme graphique (cf. Figure 48). Les teneurs de loin les plus élevées sont identifiées dans le Rhin à hauteur de Karlsruhe et de Mannheim sur la période 2020-2022 et de Petersau sur la période 2015-2016. Les échantillons affichant une contamination particulièrement élevée viennent de gardons dont les taux de matières sèches ne sont pas anormaux (22,2 % et 21,4 %), ce qui fait que l'écart entre les deux échantillons et le jeu de données restant ne s'explique pas par les métadonnées.

La base de données des dioxines et des composés de type dioxine est nettement plus dense, ce qui est dû en premier lieu au degré d'exhaustivité des taux de lipides utilisés pour la normalisation. Selon les périodes, les contaminations moyennes les plus élevées sont signalées dans le Rhin à Clèves-Bimmen, dans la Ruhr à Mülheim, dans la Lahn à Limburg et dans la Wupper à Opladen. On relève ici que ces quatre valeurs moyennes les plus élevées proviennent de la période 2017-2019. Là où il a été possible de comparer avec

d'autres période de prélèvement, les teneurs de 2020-2022 sont certes nettement inférieures, mais elles restent également à un niveau élevé et dépassent souvent la norme de qualité environnementale de 0,0065 µg/kg PF.

Dans le cas de l'hexachlorobutadiène, les données disponibles sont plutôt restreintes, comme le montre la Figure 50. La teneur dans la Lippe à Wesel sur la période 2015-2016 est particulièrement frappante. Avec une moyenne de 52,3 µg/kg PF, elle reste cependant légèrement inférieure à la norme de qualité environnementale de 55 µg/kg PF. Dans la même masse d'eau, la teneur est sensiblement plus basse sur la période 2020-2022.

Les teneurs d'hexabromocyclododécane sont toutes nettement inférieures à la norme de qualité environnementale de 167 µg/kg PF. Les teneurs les plus élevées sont détectées dans le Rhin à Clèves-Bimmen (2017-2019) et à St. Goar (2015-2016), de même que dans la Wupper à Opladen (2017-2019).

La norme de qualité environnementale (0,0085 µg/kg PF) des six PBDE pertinents pour la directive cadre Eau est dépassée en moyenne dans presque toutes les masses d'eau et sur presque toutes les périodes de prélèvement. Là encore, c'est dans le Rhin à Clèves-Bimmen (2017-2019) que sont signalées les teneurs les plus élevées. Les fortes concentrations identifiées dans la Lippe à Wesel et dans la Wupper à Opladen sont également à souligner. Une tendance à la baisse est observée dans la Lippe à Wesel sur l'ensemble des trois périodes considérées. Dans la plupart des masses d'eau, les valeurs mesurées individuelles les plus hautes sont constatées dans les deux premières périodes, alors que les teneurs relevées sur la période 2020-2022 sont le plus souvent les plus basses.

Comme le montre la Figure 53, les teneurs les plus élevées d'hexachlorobenzène sont toutes détectées dans le Rhin même. Mais la norme de qualité environnementale de 10 µg/kg PF n'est dépassée en moyenne que dans les masses d'eau du Rhin de Weil (2015-2016), Karlsruhe (2017-2019 et 2020-2022), Mannheim (2017-2019 et 2020-2022) et Clèves-Bimmen (2017-2019). Là où des comparaisons sont possibles sur les trois périodes, les concentrations relevées dans la période la plus récente (2020-2022) sont généralement plus basses que celles de la période précédente (2017-2019).

La représentation graphique de la distribution spatiale de l'heptachlore et de l'époxyde d'heptachlore (Figure 54) montre un degré apparemment élevé de dépassements de la norme de qualité environnementale, en particulier dans le Rhin, le Neckar, la Lippe, la Ruhr et la Wupper. Il convient de rappeler ici à titre complémentaire que les données sur l'heptachlore et sur l'époxyde d'heptachlore sont en grande partie inférieures aux limites spécifiques des laboratoires, mais qu'elles dépassent cependant fréquemment la norme de qualité environnementale de 0,0067 µg/kg PF. Pour cette raison déjà décrite au chapitre

4.1.5, il est difficile d'estimer si la norme de qualité environnementale est contrôlable, étant donné que des dépassements potentiels de cette norme risquent de ne pas être vus. Les teneurs les plus élevées sont détectées dans le Neckar à Mannheim et à Kochendorf (période 2015-2016 dans ces deux cas), dans le Rhin à Clèves-Bimmen (2017-2019), ainsi que dans la Lippe, la Ruhr et la Wupper.

Pour les données sur les poissons, les Figure 92 à Figure 109 en annexe présentent la distribution spatiale sous forme de cartes des pressions.

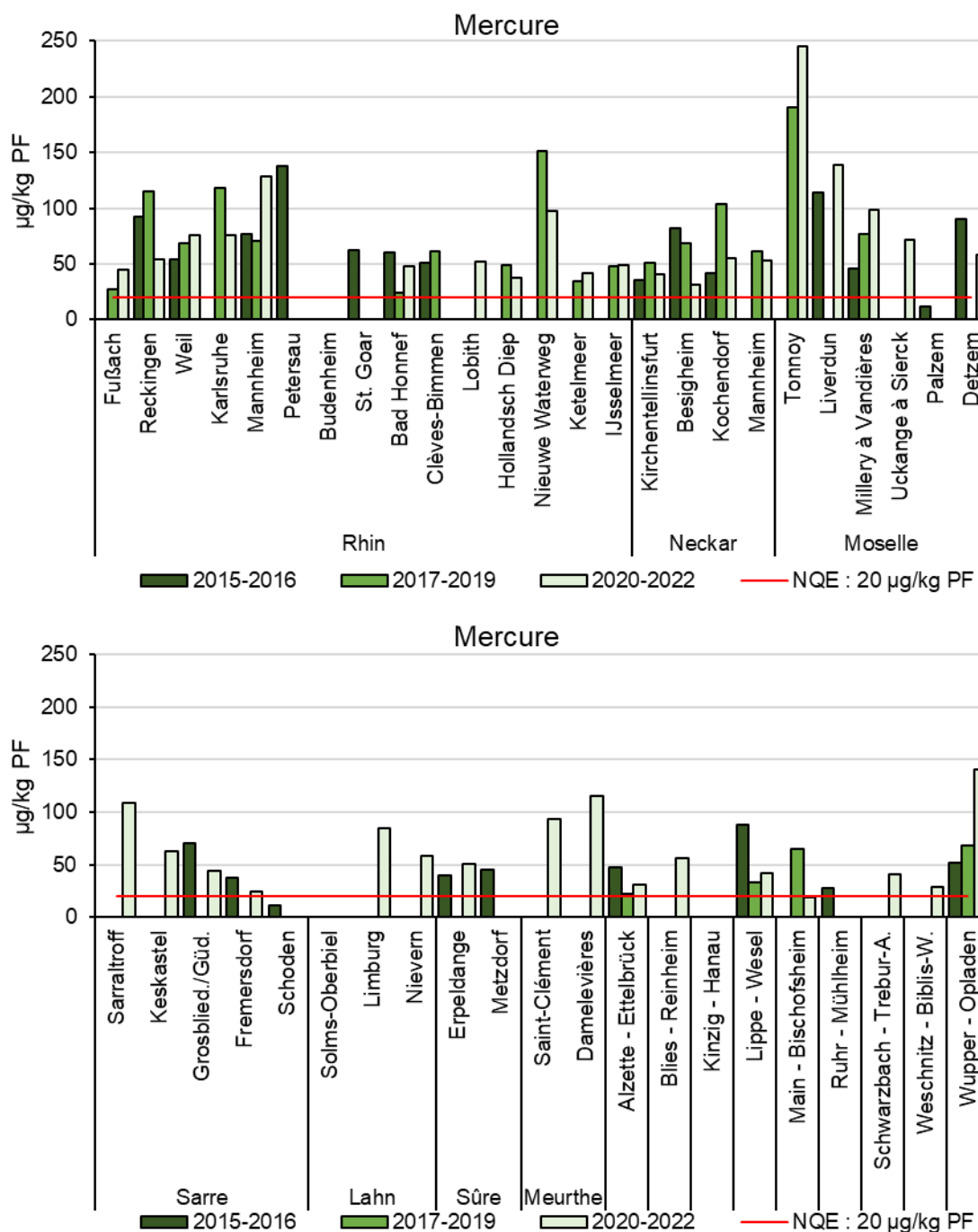


Figure 47 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Mercure (normalisation au TMS, y compris TMS de substitution, conversion au poisson entier, uniquement omnivores).

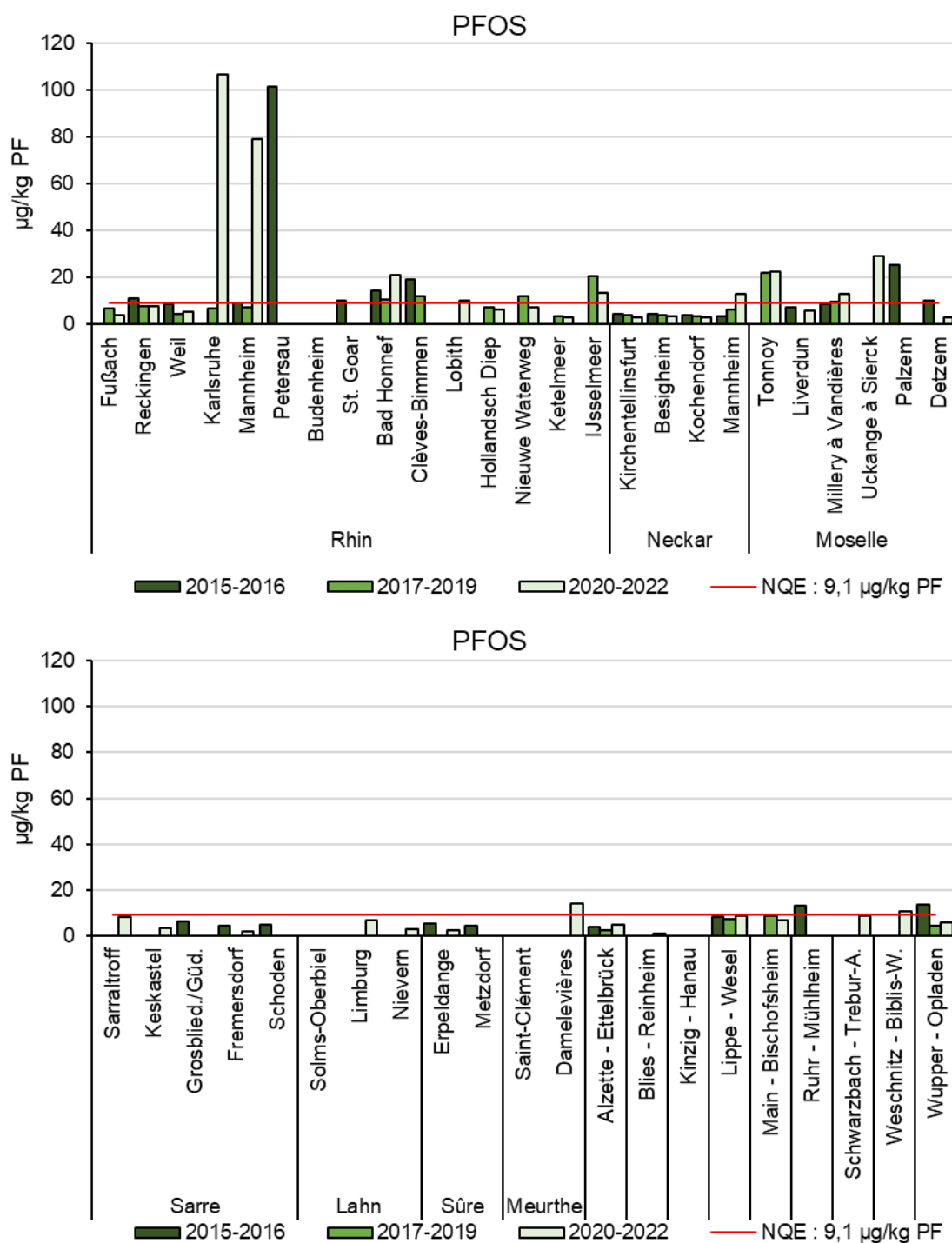


Figure 48 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : PFOS (normalisation au TMS, y compris TMS de substitution, conversion au filet, uniquement omnivores).

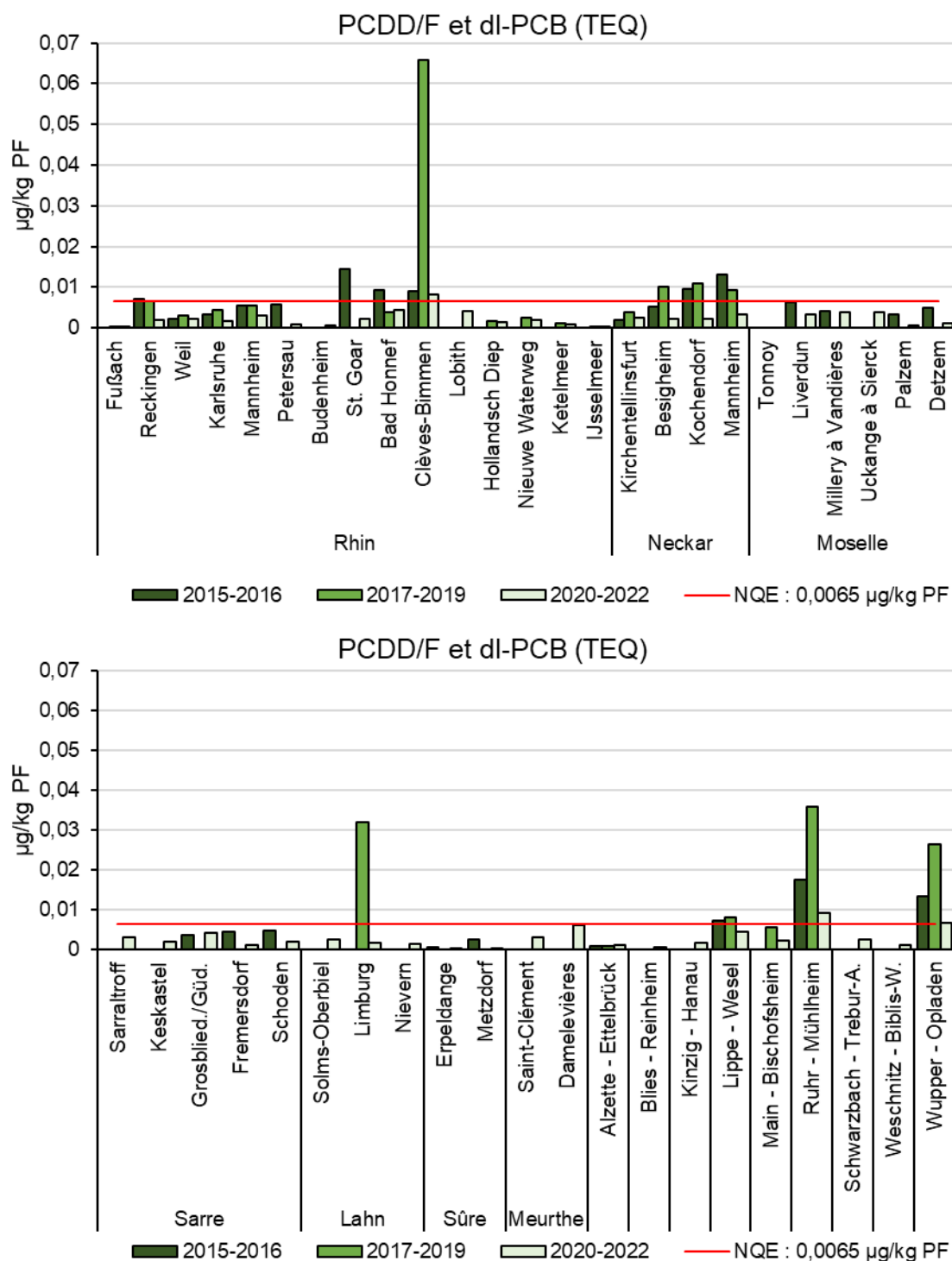


Figure 49 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au TL, conversion au filet, omnivores et carnivores).

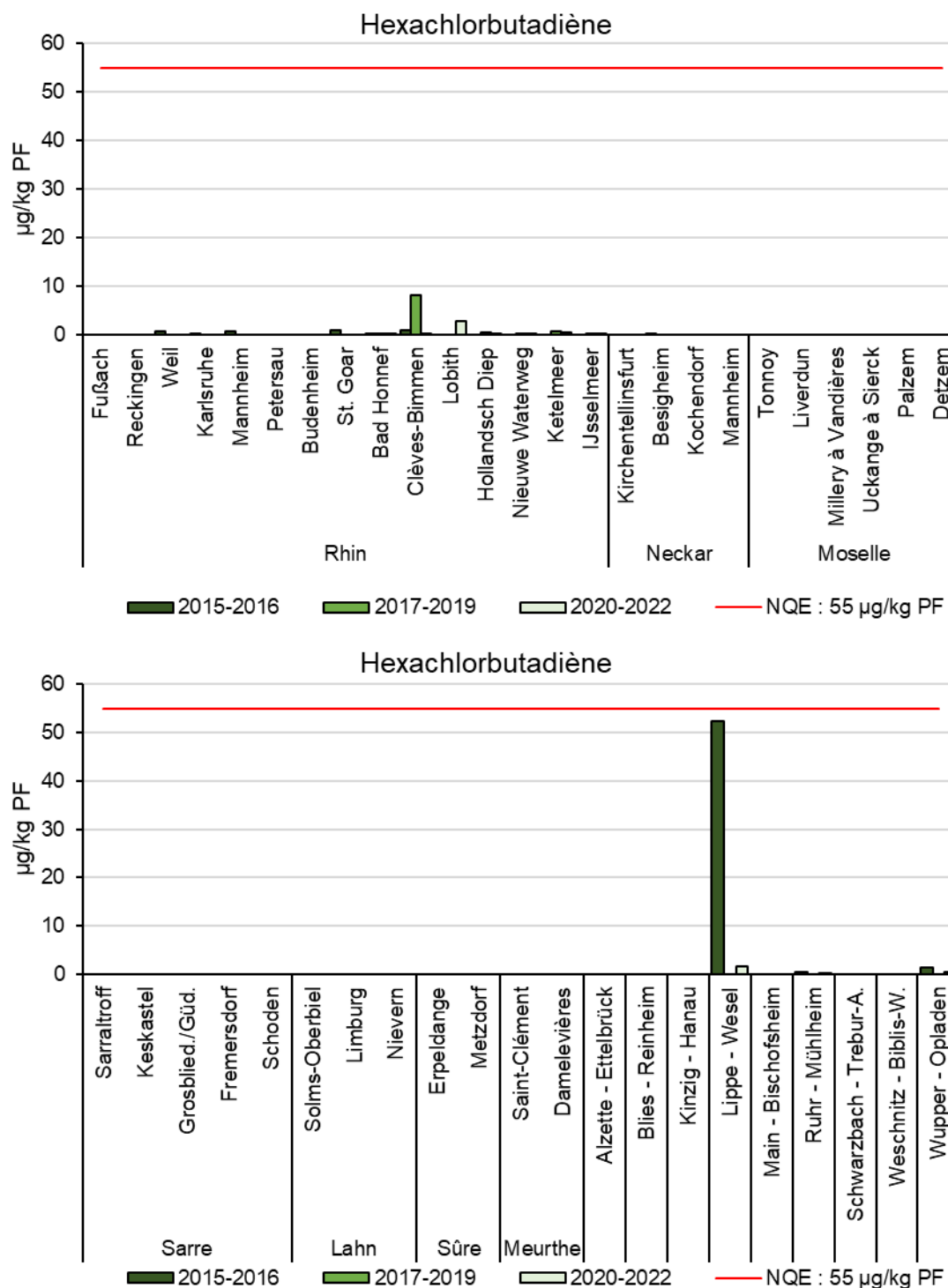


Figure 50 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 4 : hexachlorobutadiène (normalisation au TL, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).

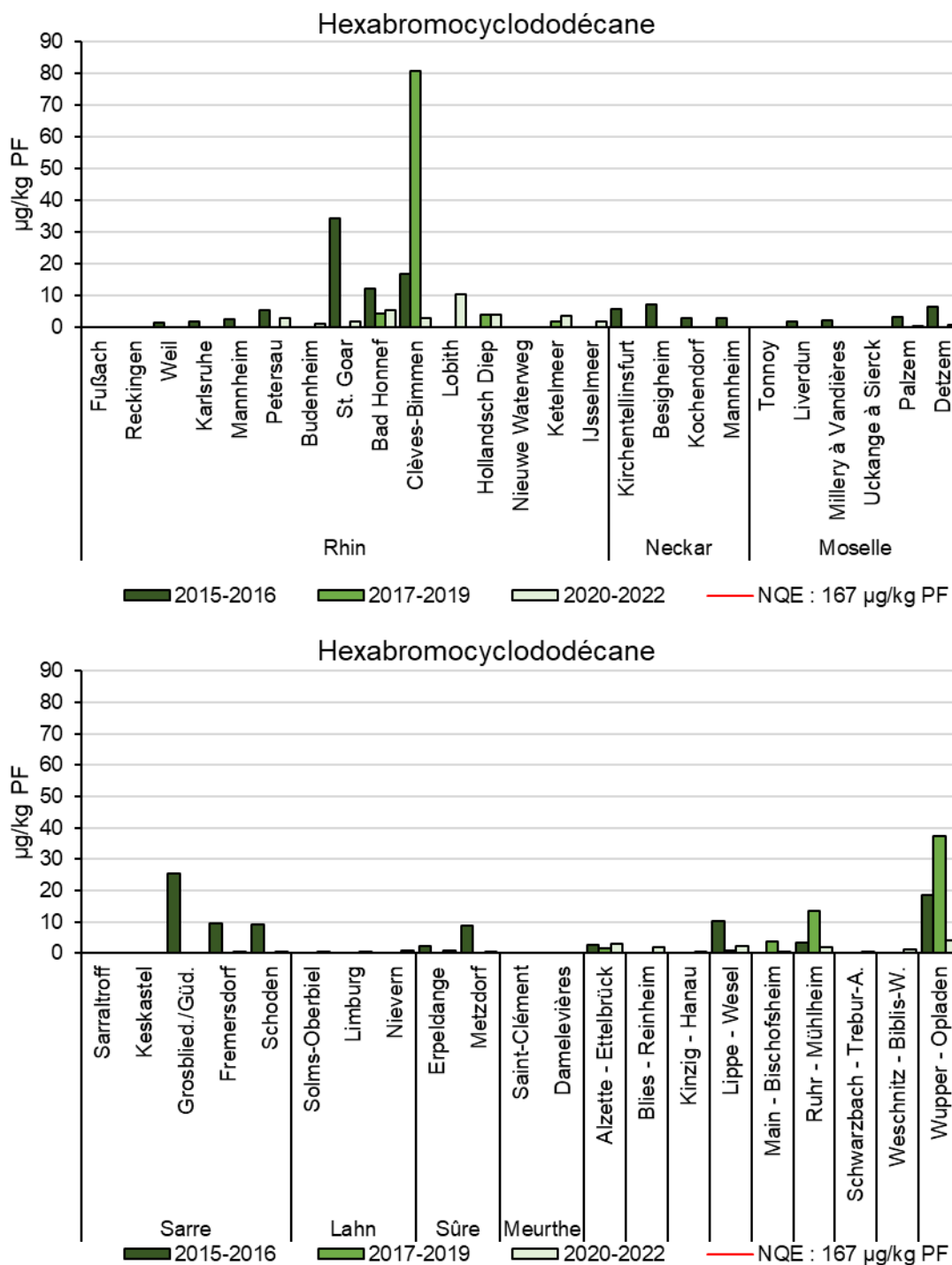


Figure 51 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 5 : hexabromocyclododécane (normalisation au TL ; conversion au poisson entier, omnivores et carnivores).

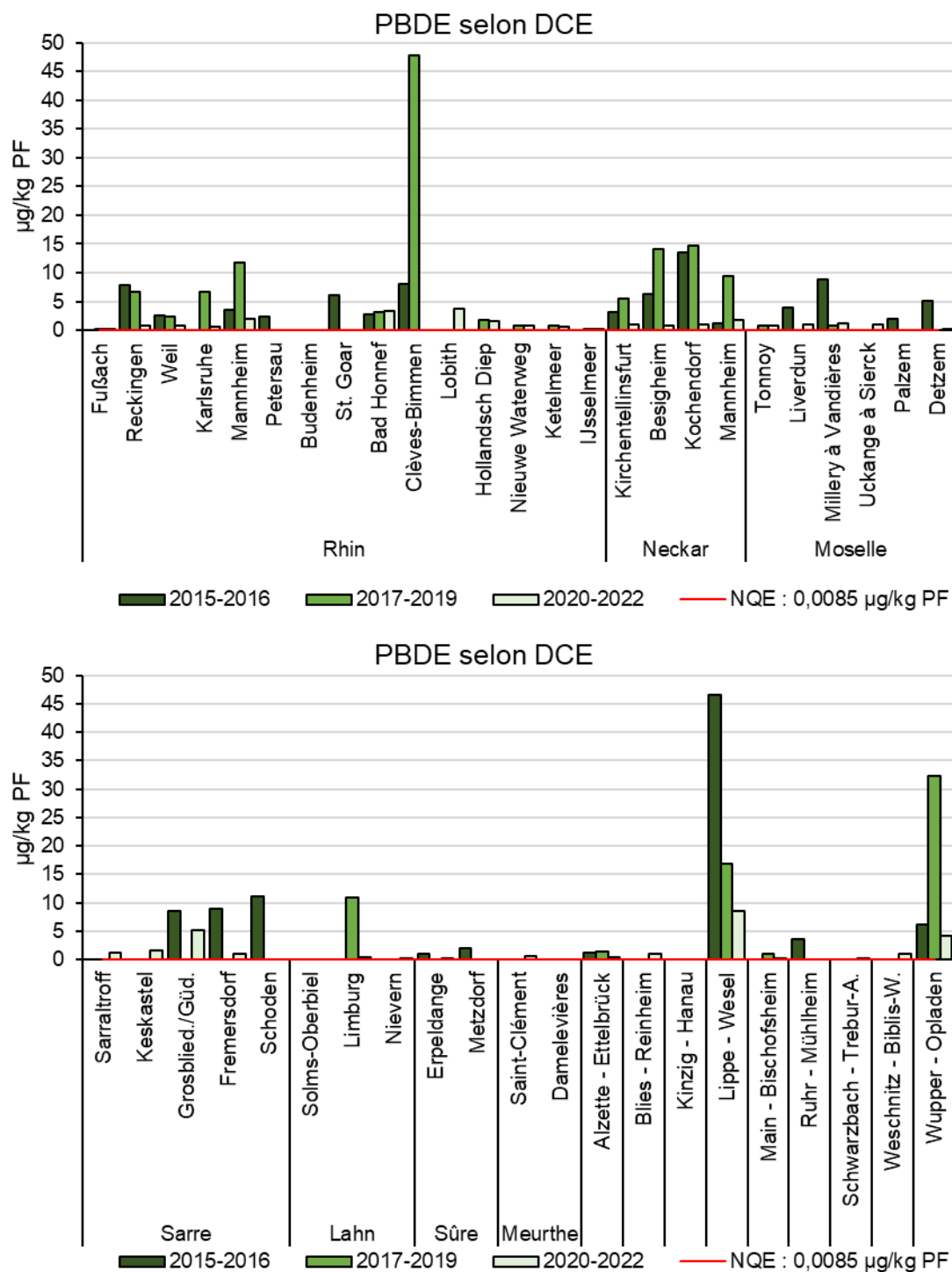


Figure 52 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 6 : PBDE selon la DCE (normalisation au TL, conversion au filet, uniquement omnivores).

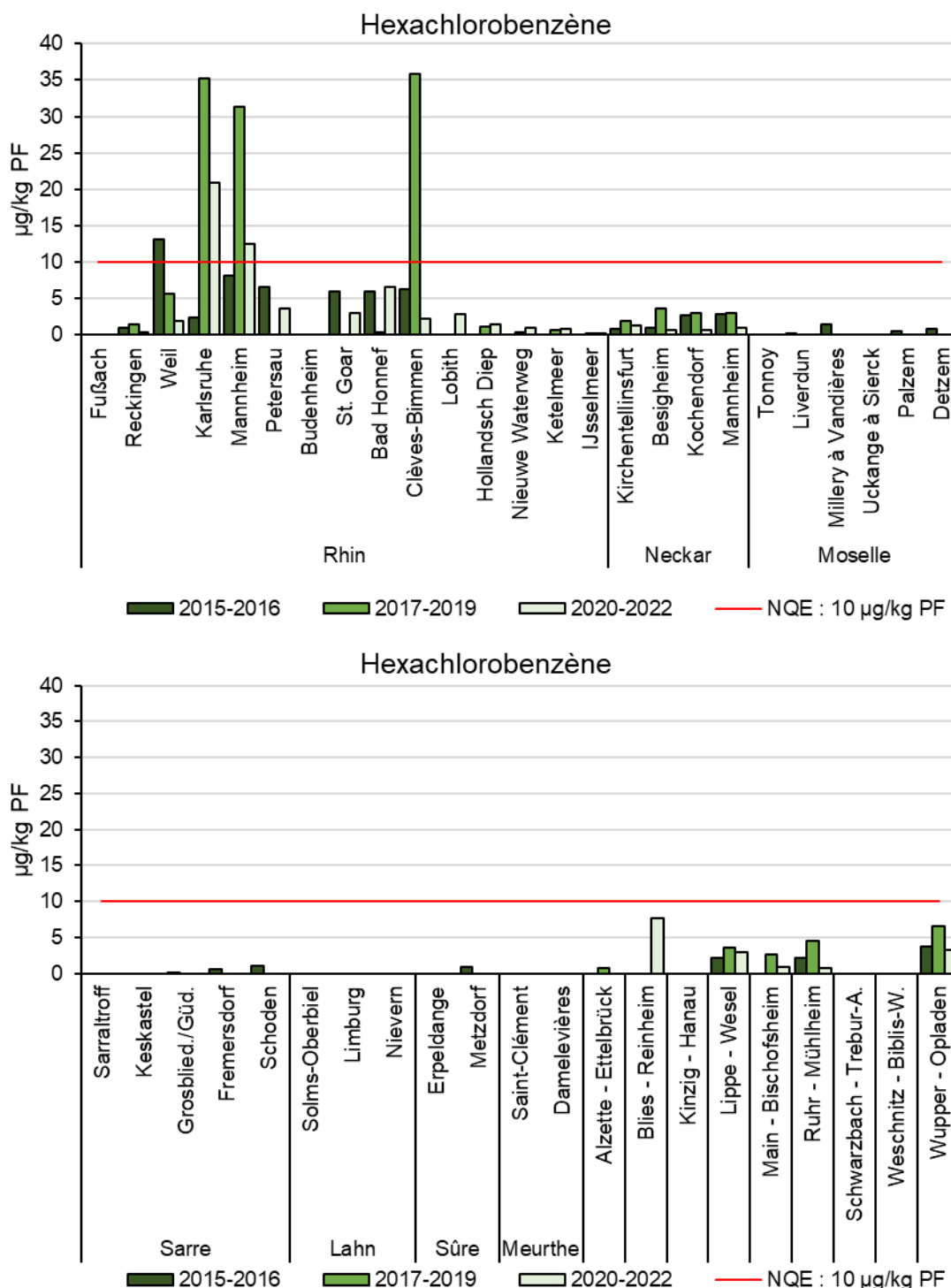


Figure 53 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 7 : hexachlorobenzène (normalisation au TL, conversion au filet, omnivores et carnivores).

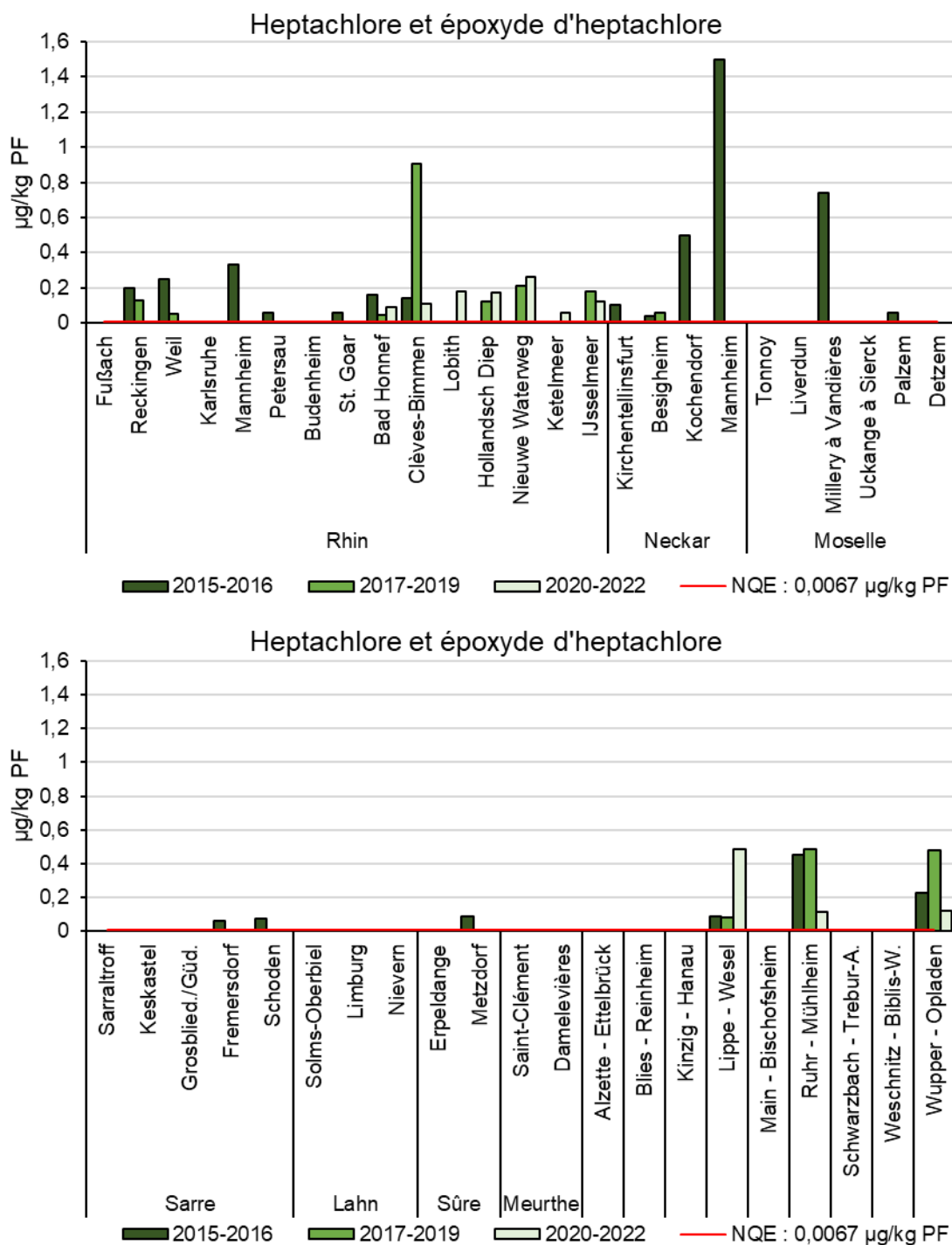


Figure 54 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les poissons ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 9 : heptachlore et époxyde d'heptachlore (normalisation au TL, filet et poisson entier, omnivores et carnivores).

4.2 Échantillons de coquillages

4.2.1 Description du jeu de données

Le jeu de données des coquillages rassemble au total 121 échantillons de coquillages sur lesquels ont été rapportés des résultats d'analyse. Après regroupement des sites de prélèvement au sein d'une même masse d'eau, on obtient au total 33 masses d'eau provenant de 10 cours d'eau du bassin du Rhin (y compris le Rhin même). Le Tableau 18 donne un aperçu du jeu de données des échantillons de coquillages.

Tous ces échantillons sont composés de corps mou. Il s'agit dans 95 % des cas d'échantillons composites. Cette indication manque pour les six échantillons restants. On peut néanmoins supposer, du fait de la masse restreinte de coquillages individuels, qu'il s'agit ici aussi d'échantillons composites.

Le groupe complet d'échantillons porte sur la période allant de 2015 à 2023, contrairement au titre du projet (2015 à 2022), car quelques jeux de données proviennent de 2023. En accord avec la CIPR, les données de 2023 ont été intégrées dans l'évaluation. Les échantillons proviennent pour la plupart de 2021 (N = 38) et 2022 (N = 30), de sorte que ces deux années sont surreprésentées et constituent au total plus de la moitié (56 %) de tous les échantillons du jeu de données s'étendant sur neuf ans.

Le taux de lipides est indiqué dans 85 % du groupe d'échantillons. Des données sur les taux de matières sèches ont été reportées pour 77 % des échantillons du set. On dispose certes de mentions de tailles pour 95 % des échantillons de coquillages, mais ils ne sont exploitables que dans env. 15 % des échantillons, car des classes de tailles hétérogènes (par ex. « 2,5 - < 2,9 », « 2,5 - < 3,0 », « 2,4 - 2,6 » ou « 2,7 - 4,0 ») ou des valeurs minimales (par ex. « > 2 ») sont souvent indiquées à la place de valeurs moyennes concrètes. Des mentions de poids sont également mentionnées pour un grand nombre (85 %) d'échantillons de coquillages, mais les indications sont ici très hétérogènes. Alors que le poids moyen d'un spécimen individuel (ou de son corps mou) est indiqué dans quelques échantillons composites (valeurs en partie inférieures à un gramme), des poids totaux ont apparemment été communiqués dans d'autres échantillons pour tous les corps mous mis en commun (valeurs parfois dans un ordre de grandeur de plusieurs centaines de grammes). Dans ce dernier cas, le nombre de coquillages individuels au sein d'un échantillon composite est parfois indiqué, mais cette mention fait cependant défaut dans de nombreux échantillons. C'est la raison pour laquelle une très grande part des indications de poids des coquillages n'est pas évaluable. À l'opposé des poissons, on ne dispose pas d'informations sur l'âge des coquillages.

Tableau 18 : Tableau synoptique des jeux de données évalués des échantillons de coquillages.

| Groupe de paramètres | Paramètre | Nombre | Pourcentage |
|----------------------|----------------------------------|--------|-------------|
| | Cours d'eau | 10 | - |
| | Masse d'eau | 33 | - |
| | Nombre d'échantillons (au total) | 121 | 100 % |
| | Corps mou | 121 | 100 % |
| Échantillons | Échantillons instantanés | 0 | 0 % |
| | Échantillons composites | 115 | 95 % |
| | Aucune indication | 6 | 5 % |
| Année | 2015 | 11 | 9 % |
| | 2016 | 6 | 5 % |
| | 2017 | 8 | 7 % |
| | 2018 | 2 | 2 % |
| | 2019 | 9 | 7 % |
| | 2020 | 8 | 7 % |
| | 2021 | 38 | 31 % |
| | 2022 | 30 | 25 % |
| | 2023 | 9 | 7 % |
| Biométrie | Taux de lipides | 103 | 85 % |
| | Matières sèches | 93 | 77 % |
| | Taille | 115 | 95 % |
| | Taille évaluable | 18 | 15 % |
| | Poids | 103 | 85 % |
| | Poids évaluable | 58 | 48 % |
| | Indication d'âge | - | - |
| | Indication d'âge évaluable | - | - |

La Figure 55 donne un aperçu du nombre d'échantillons par genre de coquillages et par an. En raison de la diversité des indications et de leur caractère parfois non différencié à propos de la mention de l'espèce, l'évaluation se limite à un classement au niveau du genre. On dispose de données pour les genres *Corbicula* et *Dreissena*. Certains échantillons datant de 2015 sont formés d'un mélange de *Dreissena* et de *Corbicula*. Tous les coquillages du genre *Corbicula* proviennent de l'espèce *Corbicula fluminea* (palourde asiatique). Le genre *Dreissena* échantillonné regroupe les espèces *Dreissena bugensis* (moule quagga), *Dreissena polymorpha* (moule zébrée) et d'autres coquillages non différenciés au niveau de l'espèce.

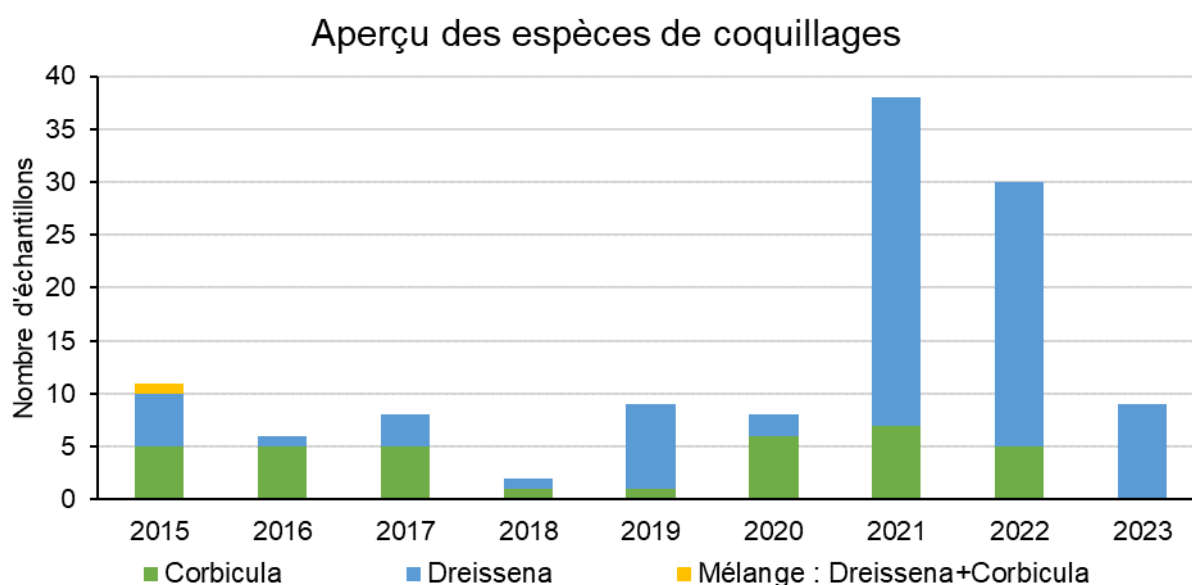


Figure 55 : Graphique synoptique des espèces de coquillages capturées (valeurs absolues) par an.

À titre complémentaire, la Figure 56 montre la distribution relative des échantillons de coquillages sur les différents genres par an ainsi que sur le groupe total des échantillons de 2015 à 2023. Les rapports relatifs de *Corbicula* et *Dreissena* varient fortement entre les différentes années. Sur toute la période, les coquillages du genre *Dreissena* représentent la plus grande part du jeu de données avec 70 % de tous les échantillons. 29 % des échantillons sont constitués du genre *Corbicula*.

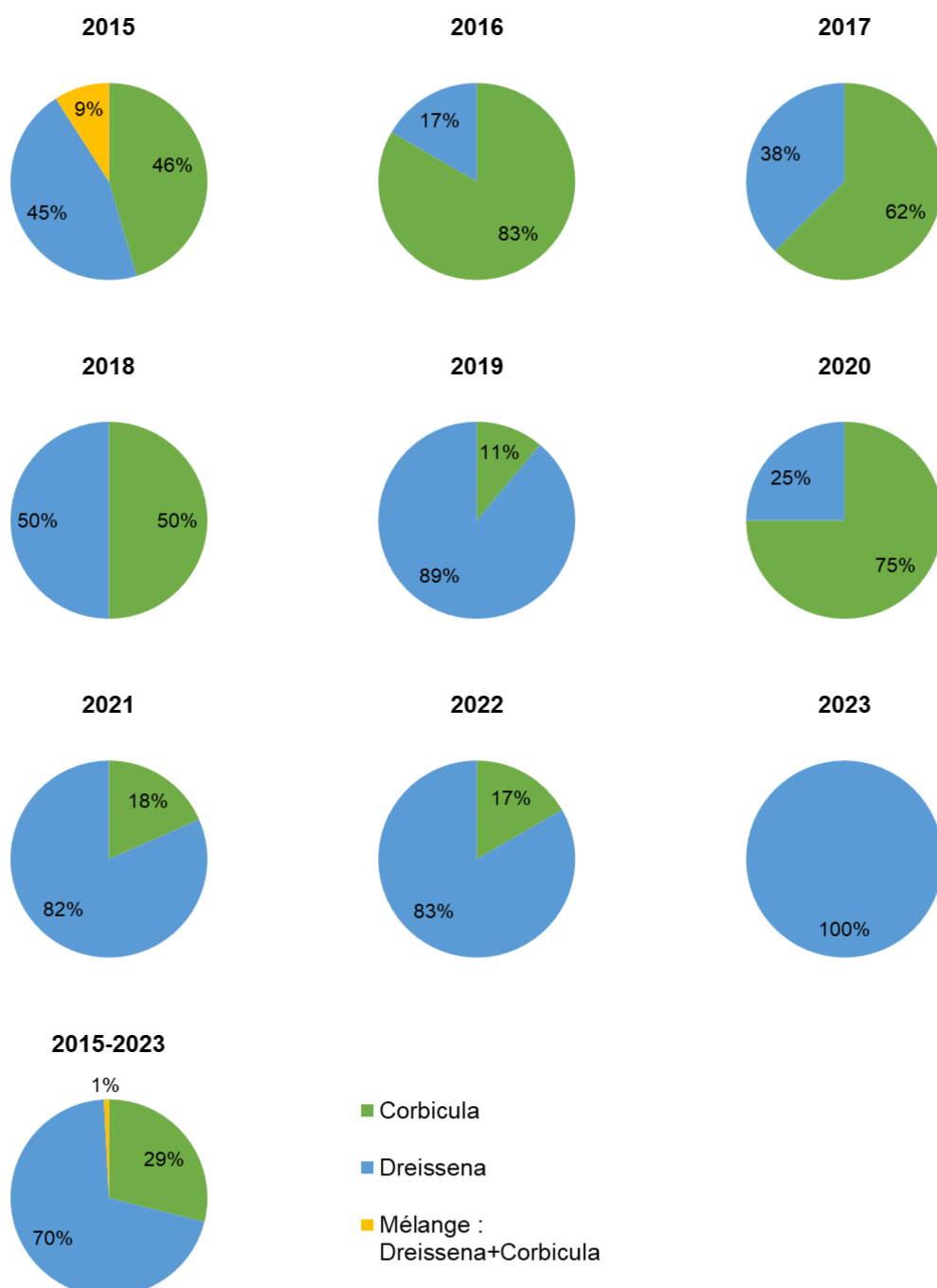


Figure 56 : Distribution des espèces de coquillages capturées par an (pourcentages annuels).

La distribution des espèces de coquillages sur les différents cours d'eau et masses d'eau est affichée dans la Figure 57 et la Figure 58. Après regroupement des sites de prélèvement au sein d'une même masse d'eau, on obtient 33 masses d'eau au total. Le Rhin avec 13 (39 %) et la Moselle avec six (18 %) masses d'eau sont majoritaires. Suivent le Neckar et la Sarre (N = 3 et 9 % chacun), la Lahn et la Meurthe (N = 2, 6 % chacune) et la Nidda, le Schwarzbach, la Weschnitz et la Kinzig (N = 1 et 3 % chacun). Alors que les collectes dans le Rhin supérieur et le Neckar ont autant porté sur les genres *Dreissena* que *Corbicula* (voir Figure 57), les prélèvements sur les autres masses d'eau n'ont toujours concerné qu'un des deux genres (voir Figure 58).

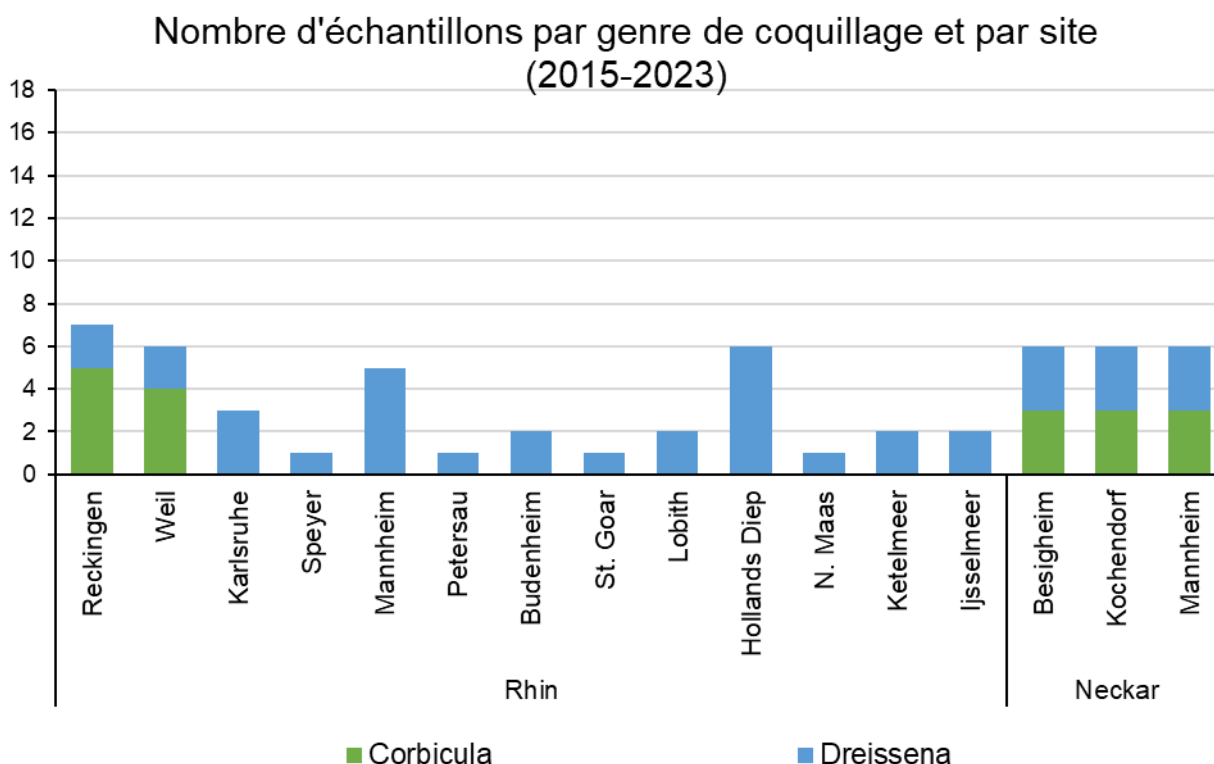


Figure 57 : Synthèse des nombres d'échantillons par masse d'eau et par genre de coquillage capturé (Rhin et Neckar).

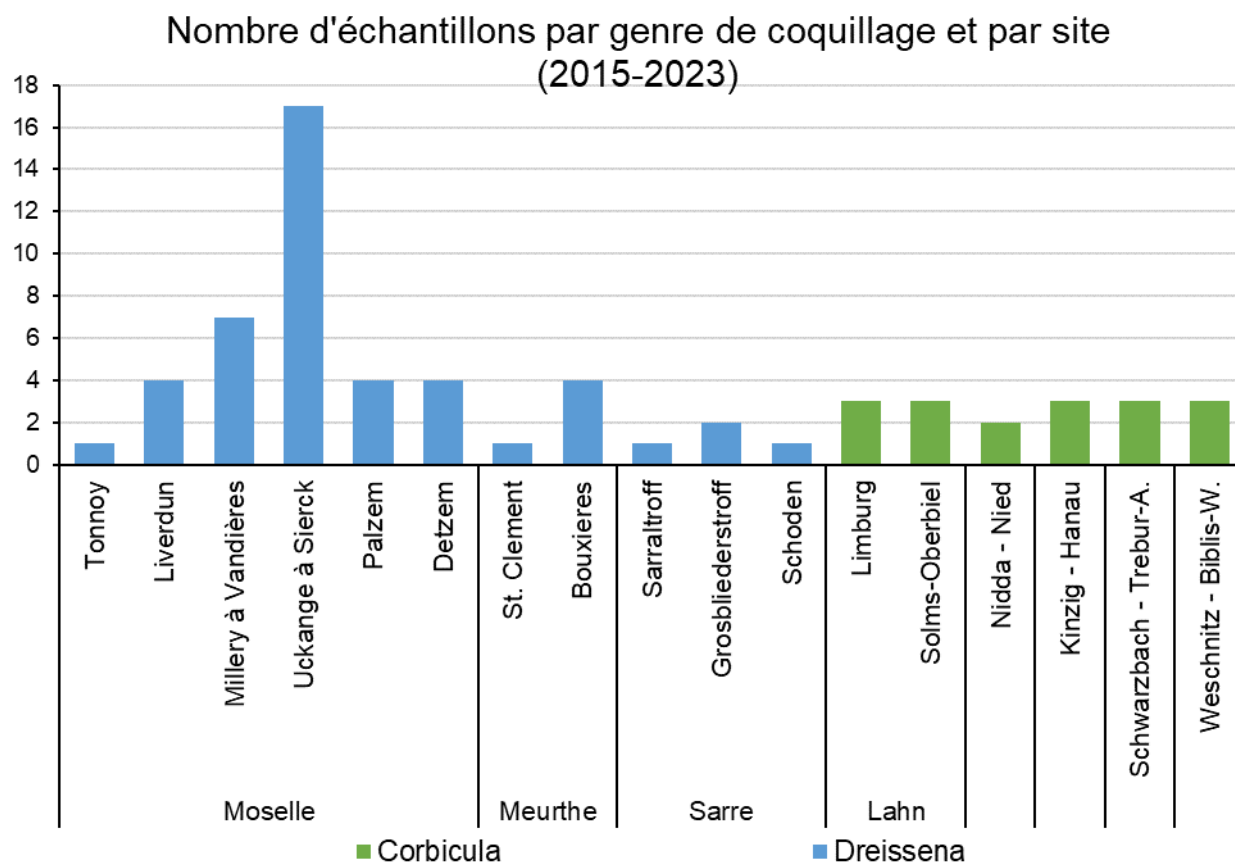


Figure 58 : Synthèse des nombres d'échantillons par masse d'eau et par genre de coquillage capturé (Moselle, Lahn, Meurthe, Sarre et autres).

4.2.2 Caractérisation des espèces de coquillages

En raison des problèmes mentionnés auparavant dans le chapitre 4.2.1 à propos des indications de taille et de poids des coquillages, il n'est pas présenté d'évaluation de ces paramètres pour les coquillages, comme il ne l'a pas non plus été fait pour les poissons.

La Figure 59 ci-dessous présente la distribution des taux de lipides et de matières sèches pour les deux genres de coquillages *Dreissena* et *Corbicula*. Les coquillages du genre *Dreissena* font apparaître en médiane des taux de lipides nettement plus bas que ceux de *Corbicula*. On relève cependant quelques exceptions avec des échantillons de *Dreissena* avec des taux de lipides > 1 % (N = 26), ceux-ci provenant fréquemment de la Moselle (N = 16) et du Neckar (N = 6).

Alors que la majorité des dreissènes affichent un taux de lipides inférieur au taux de 1 % utilisé ensuite pour la normalisation, les taux de lipides dans les corbicules (quand ils ont été mentionnés) sont pour la plupart nettement supérieurs à cette valeur.

Les deux genres de coquillages sont moins différents en ce qui concerne le taux de matières sèches. Cependant, la médiane des taux de matières sèches est plus bas pour *Dreissena* (9,9 %) que pour *Corbicula* (16,3 %). Les deux genres de coquillages ont par conséquent des médianes supérieures à la valeur de 8,3 % prise comme référence par la suite pour la normalisation du taux de matières sèches.

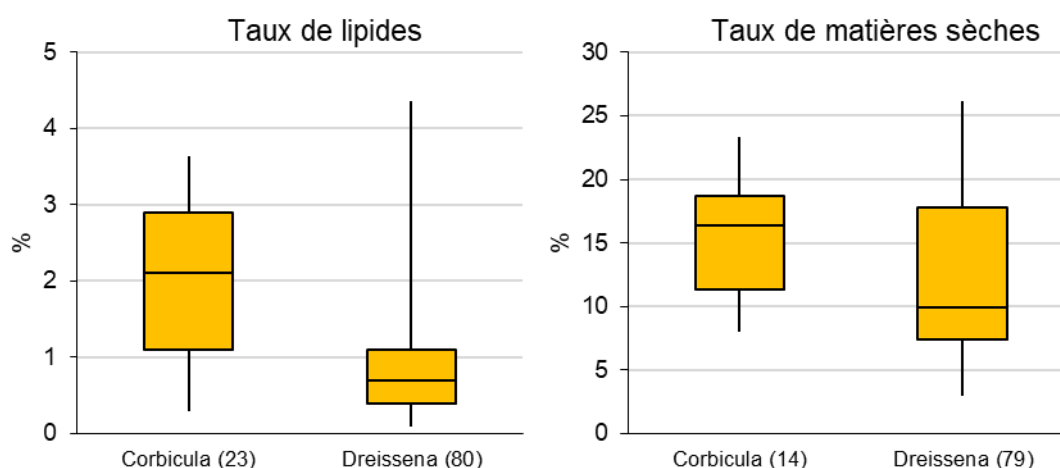


Figure 59 : Taux de lipides et de matières sèches dans les différentes espèces de coquillages du groupe d'échantillons total, entre parenthèses : nombre d'échantillons.

4.2.3 Synthèse des teneurs polluantes

Après nettoyage du jeu de données initial, qui se composait à l'origine d'env. 560 points de données d'analyse, on obtient un jeu de données composé de 272 valeurs d'analyse (auxquelles s'ajoutent des données d'accompagnement) tirées de 121 échantillons de coquillages au total. Sur ces 121 échantillons de coquillages, on dispose au départ de 113 valeurs d'analyse pour le fluoranthène (ce qui correspond à 93 % du total), 120 valeurs pour le benzo(a)pyrène (99 %) et 39 valeurs pour les dioxines et les PCB de type dioxine (32 %). On peut donc parler d'une très bonne base de données, pratiquement complète, pour le fluoranthène et le benzo(a)pyrène. Dans le cas des dioxines et des composés de type dioxine, dont les concentrations ont été recherchées en parallèle dans les poissons pour contrôler le respect de la norme de qualité environnementale, la base de données des échantillons de coquillages est en revanche très restreinte. Les chapitres suivants présentent une évaluation séparée des teneurs polluantes non normalisées et des teneurs polluantes normalisées au taux de lipides.

4.2.3.1 Teneurs non normalisées de polluants

Un aperçu des paramètres statistiques descriptifs du jeu de données non normalisé des coquillages est présenté dans le Tableau 19. Il affiche pour chaque (groupe de) substance(s) la valeur minimale et la valeur maximale (avec les masses d'eau correspondantes) ainsi que la moyenne avec écart type, la médiane, le pourcentage relatif d'échantillons dépassant la NQE et une estimation de la possibilité de contrôle de la norme de qualité environnementale s'appliquant à la substance. Pour les calculs et évaluations de base, toutes les valeurs disponibles sont prises en compte, indépendamment du genre de coquillage ou de l'année de prélèvement. Par ailleurs, les données d'analyse sont représentées de manière séparée pour les groupes de substances et les deux genres de coquillages sous forme de boîtes à moustaches dans la Figure 60.

Au total, 90 % des 113 valeurs évaluables de fluoranthène sont au-dessus des limites de quantification spécifiques des laboratoires. 19 % de tous les échantillons dépassent la norme de qualité environnementale du fluoranthène fixée à 30 µg/kg PF. La plus haute concentration (160 µg/kg PF) est détectée dans le Neckar près de Besigheim et est par conséquent environ cinq fois supérieure à la norme de qualité environnementale. Comme il ressort de la Figure 60, les teneurs médianes détectées dans les coquillages du genre *Corbicula* sont deux à trois fois plus élevées que dans les coquillages du genre *Dreissena* sans normalisation au taux de lipides.

Pour le benzo(a)pyrène, les teneurs transmises dans les coquillages sont sensiblement plus basses que celles de fluoranthène. Le taux des détections au-dessus des limites de quantification est de 63 %, mais seuls 7 % des échantillons dépassent également la norme de qualité environnementale. La plus haute concentration de benzo(a)pyrène (33,0 µg/kg

PF) est détectée dans le Rhin à Lobith et est donc six fois plus élevée que la norme de qualité environnementale fixée à 5 µg/kg PF. Bien que le fluoranthène et le benzo(a)pyrène, deux représentants des hydrocarbures polycycliques (HAP), soient de structure similaire, ils donnent une image différente quand on compare les deux genres de coquillages. Les concentrations de benzo(a)pyrène sont nettement plus élevées dans les coquillages du genre *Dreissena* que dans les coquillages du genre *Corbicula* (cf. Figure 60).

Dans le cas du paramètre global des dioxines et des composés de type dioxine, il est possible de détecter des teneurs quantifiables dans pratiquement tous les échantillons du jeu de données évaluable (taux de détection de 97 %). Il convient de noter que seul le Bade-Wurtemberg a fourni des données d'analyse, les dioxines et composés de type dioxine étant surveillés dans les autres délégations uniquement dans les poissons. Aucun des 39 échantillons analysés n'affiche un dépassement de la norme de qualité environnementale de 0,0065 µg/kg PF prise comme référence. La plus haute teneur déterminée, de 0,00545 µg/kg PF, est juste au-dessous de la norme de qualité environnementale. Elle est détectée dans le Neckar à proximité de Kochendorf. En comparant les deux genres de coquillages, on constate des teneurs nettement plus élevées dans les coquillages du genre *Corbicula* que dans ceux du genre *Dreissena*.

Au regard du pourcentage élevé de détection des trois substances ou groupes de substances, on constate que les limites de quantification des laboratoires sont suffisamment basses pour permettre le contrôle du respect de la norme de qualité environnementale dans les coquillages.

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 114/221 -

Tableau 19 : Synthèse des teneurs non normalisées de polluants dans les coquillages : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2023.

| (Groupe de) substance(s) | N | Moyenne [µg/kg PF] | Écart type [µg/kg PF] | Médiane [µg/kg PF] | Min [µg/kg PF] | Max [µg/kg PF] | Masse d'eau avec pression maximale | Dépassement de la NQE ¹⁵ | NQE contrôlable ? |
|-------------------------------------|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|--|----------------------|
| Fluoranthène | 113 | 21,0 | 26,4 | 9,77 | < LQ | 160 | Neckar - Besigheim | 19 % | Oui |
| Benzo(a)pyrène | 120 | 3,06 | 4,61 | 1,87 | < LQ | 33,0 | Rhin - Lobith | 7 % | Oui |
| PCDD/F et PCB type dioxine (TEQ) | 39 | 0,00146 | 0,00178 | 0,000610 | < LQ | 0,00545 | Neckar - Kochendorf | 0 % | Oui |

¹⁵ Conformément à la directive 2013/39/UE

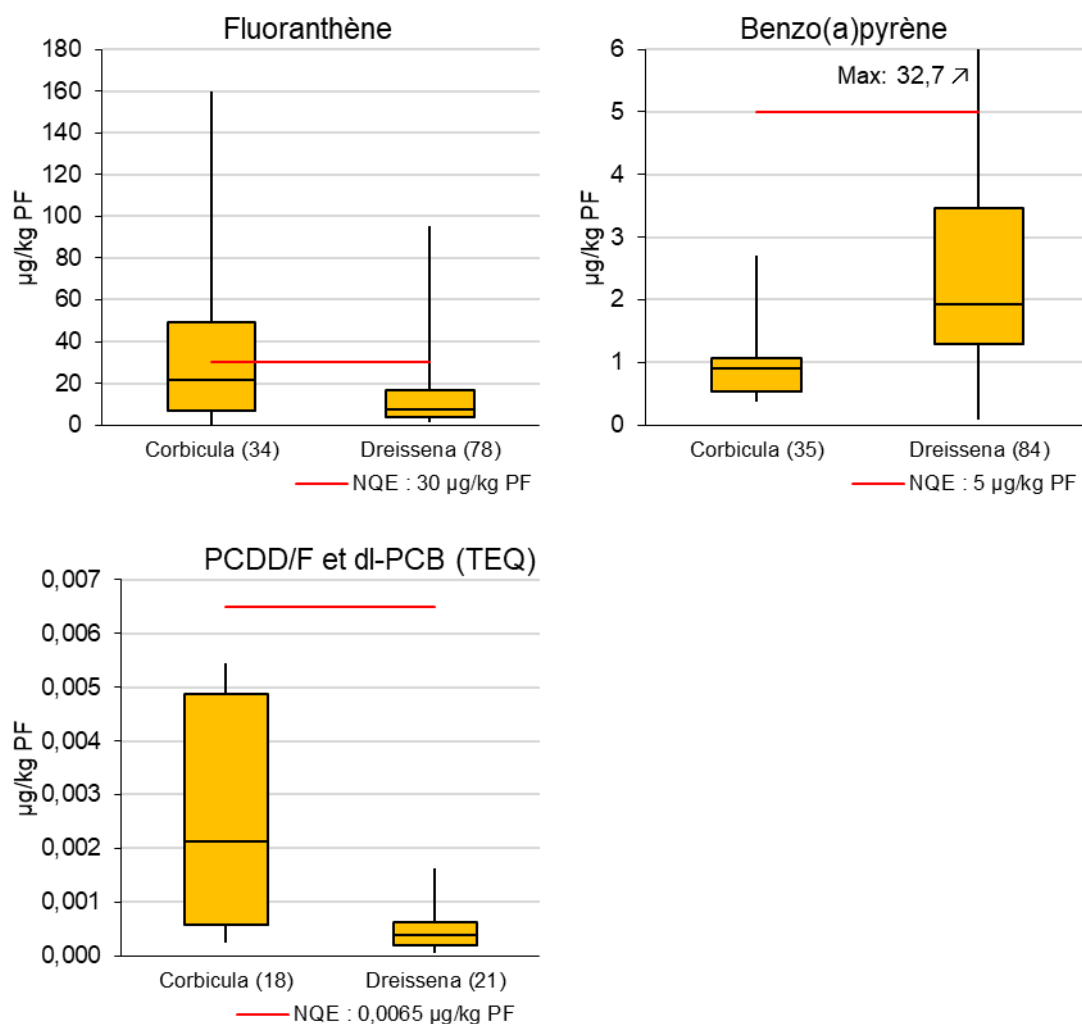


Figure 60 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse du fluoranthène, du benzo(a)pyrène et des dioxines et PCB de type dioxine séparés en fonction du genre du coquillage. Sans normalisation ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

4.2.3.2 Teneurs normalisées de polluants

Comme expliqué auparavant pour le jeu de données des poissons, les étapes suivantes de l'évaluation avec teneurs polluantes normalisées ne prennent en compte que les données pour lesquelles on dispose de taux de lipides. Du fait des propriétés lipophiles des trois paramètres à analyser dans les coquillages, on effectue une normalisation au taux de lipides pour ces trois paramètres. Comme on ne dispose de taux de lipides correspondants que dans 85 % des échantillons, le jeu de données exploitable diminue d'env. 15 %. On a donc au final comme jeu de données 95 échantillons de coquillages pour le fluoranthène, 102 pour le benzo(a)pyrène et 38 pour les dioxines et les composés de type dioxine.

Un aperçu des paramètres statistiques descriptifs est présenté dans le Tableau 20. Il affiche pour chaque (groupe de) substance(s) la valeur minimale et la valeur maximale (avec les masses d'eau correspondantes) ainsi que la moyenne avec écart type, la médiane, le pourcentage relatif d'échantillons dépassant la NQE et une estimation de la possibilité de contrôle de la norme de qualité environnementale s'appliquant à la substance. Pour les calculs et évaluations de base, toutes les valeurs disponibles après normalisation au taux de lipides sont prises en compte, indépendamment du genre de coquillage ou de l'année de prélèvement. Par ailleurs, les données d'analyse sont représentées de manière séparée pour les groupes de substances et les deux genres de coquillages sous forme de boîtes à moustaches dans la Figure 61.

Au total, 89 % des 95 valeurs évaluables de fluoranthène sont au-dessus des limites de quantification spécifiques des laboratoires. 14 % de tous les échantillons dépassent la norme de qualité environnementale du fluoranthène fixée à 30 µg/kg PF. La plus haute concentration (151 µg/kg PF) est détectée dans la Meurthe près de Bouxières et est par conséquent env. cinq fois supérieure à la norme de qualité environnementale. Comme il ressort de la Figure 61, les teneurs médianes dans les coquillages des genres *Corbicula* et *Dreissena* sont à peu près comparables après normalisation au taux de lipides.

Pour le benzo(a)pyrène, les teneurs transmises dans les coquillages sont sensiblement plus basses que celles de fluoranthène. Le taux des détections au-dessus des limites de quantification est de 66 %, mais seuls 14 % des échantillons dépassent également la norme de qualité environnementale. La plus haute concentration de benzo(a)pyrène (32,7 µg/kg PF) est aussi détectée dans la Meurthe près de Bouxières et est donc six fois plus élevée que la norme de qualité environnementale fixée à 5 µg/kg PF. Bien que le fluoranthène et le benzo(a)pyrène, deux représentants des hydrocarbures polyaromatiques (HPA), soient de structure similaire, ils donnent une image différente quand on compare les deux genres de coquillages. Les concentrations de benzo(a)pyrène sont nettement plus élevées dans les coquillages du genre *Dreissena* que dans les coquillages du genre *Corbicula* (cf. Figure 61).

Dans le cas du paramètre global des dioxines et des composés de type dioxine, il est possible de détecter des teneurs quantifiables dans tous les échantillons du jeu de données normalisé évaluable. Il convient de noter que seul le Bade-Wurtemberg a fourni des données d'analyse, les dioxines et composés de type dioxine étant surveillés dans les autres délégations uniquement dans les poissons. Aucun des 39 échantillons analysés n'affiche un dépassement de la norme de qualité environnementale de 0,0065 µg/kg PF prise comme référence. La plus haute teneur déterminée est de 0,00345 µg/kg PF, ce qui correspond à peu près à la moitié de la norme de qualité environnementale. Elle est détectée dans le Neckar à proximité de Mannheim. En comparant les deux genres de coquillages, on constate des teneurs nettement plus élevées dans les coquillages du genre *Corbicula* que dans ceux du genre *Dreissena*.

Au regard du pourcentage élevé de détection des trois substances ou groupes de substances, on constate que les limites de quantification des laboratoires sont suffisamment basses pour permettre le contrôle du respect de la norme de qualité environnementale dans les coquillages.

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 118/221 -

Tableau 20 : Synthèse des teneurs normalisées au taux de lipides de polluants dans les coquillages : paramètres descriptifs sur la période totale de prélèvement allant de 2015 à 2023.

| (Groupe de) substance(s) | N | Moyenne [µg/kg PF] | Écart type [µg/kg PF] | Médiane [µg/kg PF] | Min [µg/kg PF] | Max [µg/kg PF] | Masse d'eau avec pression maximale | Dépassement de la NQE ¹⁶ | NQE contrôlable ? |
|-------------------------------------|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|--|----------------------|
| Fluoranthène | 95 | 17,2 | 22,3 | 9,06 | < LQ | 151 | Meurthe - Bouxières | 14 % | Oui |
| Benzo(a)pyrène | 102 | 4,04 | 5,66 | 2,01 | < LQ | 32,7 | Meurthe - Bouxières | 14 % | Oui |
| PCDD/F et PCB type dioxine (TEQ) | 38 | 0,00101 | 0,000717 | 0,000763 | < LQ | 0,00345 | Neckar, Mannheim | 0 % | Oui |

¹⁶ Conformément à la directive 2013/39/UE

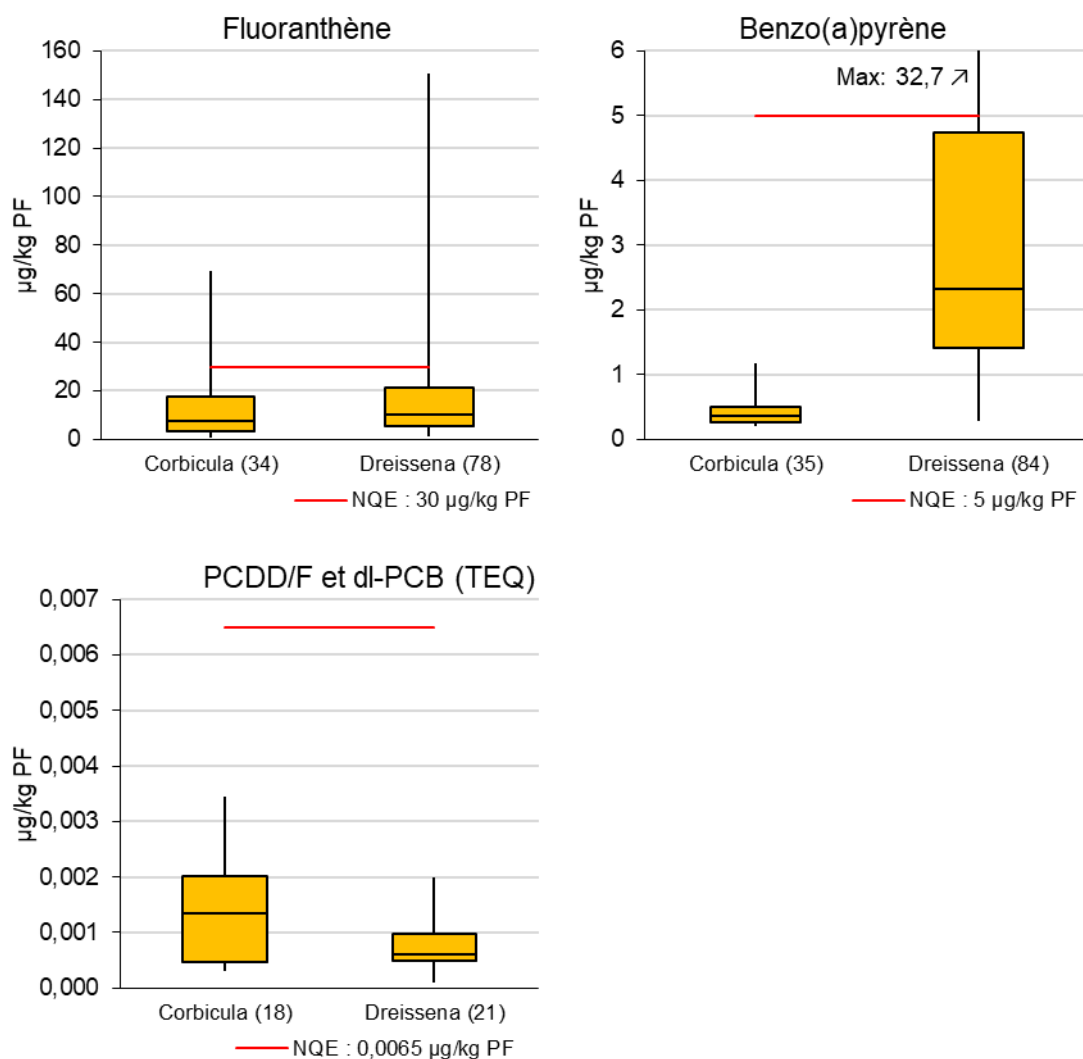


Figure 61 : Boîte à moustaches de tous les résultats d'analyse du fluoranthène, du benzo(a)pyrène et des dioxines et PCB de type dioxine séparés en fonction du genre du coquillage. Toutes les données sont normalisées au taux de lipides ; entre parenthèses : nombre d'échantillons y compris valeurs < LQ).

4.2.4 Comparaison spatiale

On effectue les calculs pour chaque masse d'eau regroupée à partir de toutes les données (au-dessus des limites de quantification respectives) disponibles, afin d'observer l'évolution des teneurs polluantes dans les coquillages le long du Rhin et de ses affluents. À un niveau d'examen complémentaire, on subdivise les résultats de chaque masse d'eau sur les trois périodes, à savoir 2015-2016, 2017-2019 et 2020-2023 pour obtenir de premiers enseignements sur l'évolution dans le temps des teneurs polluantes. Comme dans les passages antérieurs du rapport, les chapitres suivants soumettent un examen séparé des teneurs polluantes non normalisées et de teneurs polluantes normalisées au taux de lipides.

4.2.4.1 Teneurs non normalisées de polluants

La comparaison spatiale des teneurs polluantes non normalisées est présentée dans les Figure 62 à Figure 64 pour le fluoranthène, le benzo(a)pyrène et les dioxines et composés de type dioxine.

Le jeu de données sur le fluoranthène est le plus complet à l'échelle spatiale, comme le montre la Figure 62. Les teneurs moyennes de fluoranthène les plus élevées par masse d'eau et période sont détectées dans la Moselle à Palzem, dans le Neckar à Besigheim et dans la Sarre à Schoden (teneur maximale sur la période 2015-2016), de même que dans le Rhin à Lobith (teneur maximale sur la période 202-2023). Dans ces masses d'eau ainsi que dans certaines autres, la norme de qualité environnementale de 30 µg/kg PF est également dépassée. On observe entre les masses d'eau du Rhin de St. Goar (région de Coblenche) et de Lobith une forte hausse des teneurs de fluoranthène sur la période 2020-2023, ce qui laisse supposer des sources d'émissions entre ces deux masses d'eau. Il n'est toutefois pas possible de les attribuer à un affluent ou à un émetteur direct dans le Rhin, car plusieurs centaines de kilomètres fluviaux séparent ces deux masses d'eau et plusieurs affluents sont intercalés. Une comparaison dans le temps des trois périodes examinées n'est possible que pour les masses d'eau rhénanes de Reckingen, de Weil et de Mannheim et les trois masses d'eau du Neckar. On relève dans la plupart des cas une baisse des pressions progressive par le fluoranthène dans les périodes 2017-2019 et 2020-2023.

La distribution spatiale des teneurs polluantes non normalisées de benzo(a)pyrène est présentée dans la Figure 63. Les teneurs les plus élevées constatées dans les échantillons de coquillages le sont dans le Rhin à Lobith (période 2020-2023) ainsi que dans la Moselle à Palzem et Detzem (période 2015-2016 dans les deux cas. Elles provoquent également des dépassements de la norme de qualité environnementale fixée à 5 µg/kg PF. En raison du manque fréquent de données plus anciennes, il n'a été possible d'effectuer une comparaison dans le temps que pour un nombre limité de masses d'eau. Il en ressort une image mitigée. Alors que l'on constate parfois dans les masses d'eau néerlandaises du Rhin et dans le Neckar des hausses de teneurs non normalisées de benzo(a)pyrène entre les périodes

2017-2019 et 2020-2023, la comparaison entre les périodes 2015-2016 et 2020-2023 indique des pressions par le benzo(a)pyrène en baisse dans les coquillages de la Moselle à Palzem et Detzem.

Les teneurs de dioxines et de composés de type dioxine ne sont rapportées que par le Bade-Wurtemberg pour le Rhin et le Neckar. Les teneurs les plus élevées sont détectées en particulier dans d'anciens échantillons du Neckar. On ne relève cependant de dépassement de la norme de qualité environnementale dans aucun des échantillons. L'examen de l'évolution dans le temps fait apparaître des tendances à la baisse des teneurs sur toutes les périodes.

Pour les données non normalisées sur les coquillages, les Figure 86 à Figure 91 en annexe présentent la distribution spatiale sous forme de cartes des pressions.

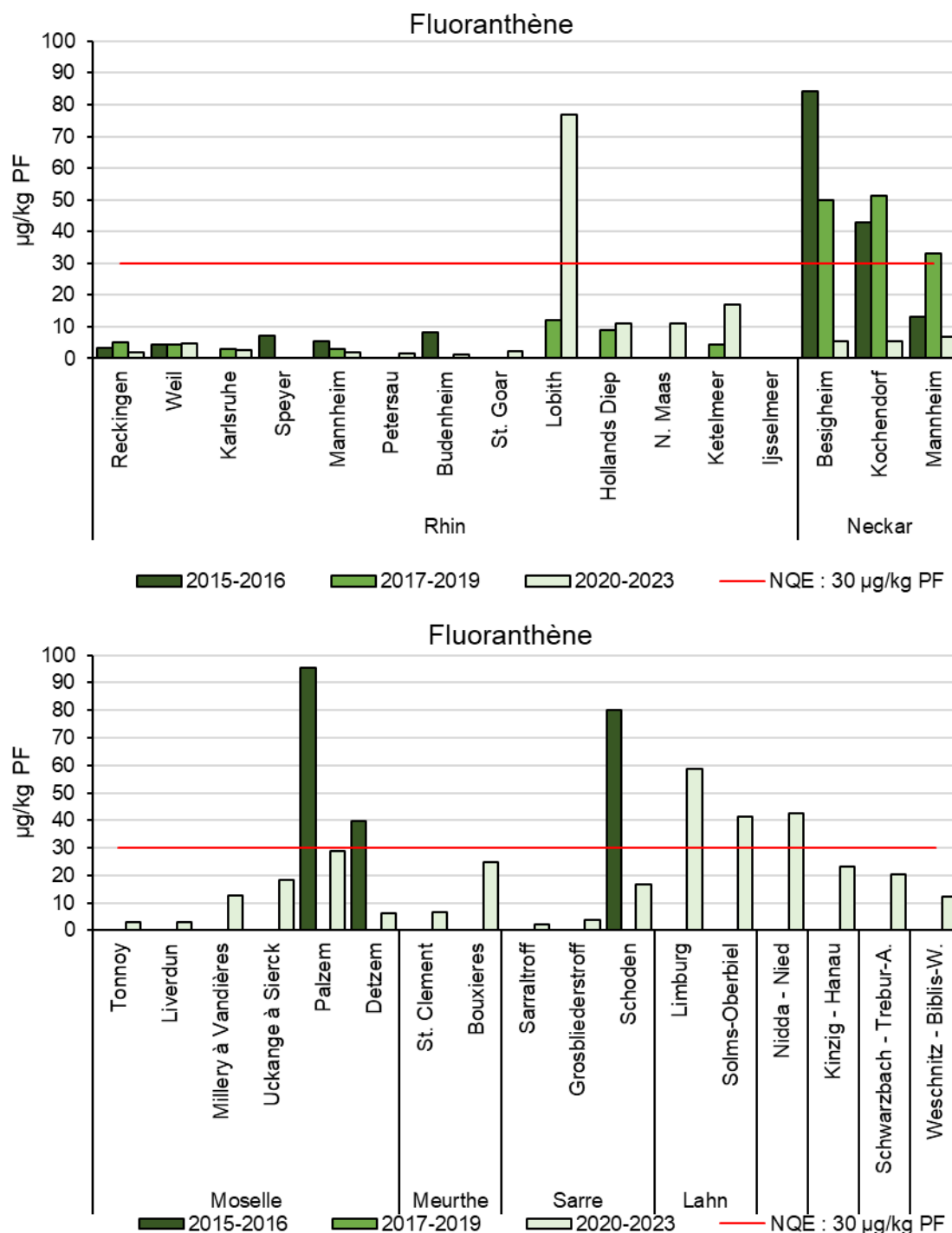


Figure 62 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : Fluoranthène (sans normalisation, Corbicula et Dreissena).

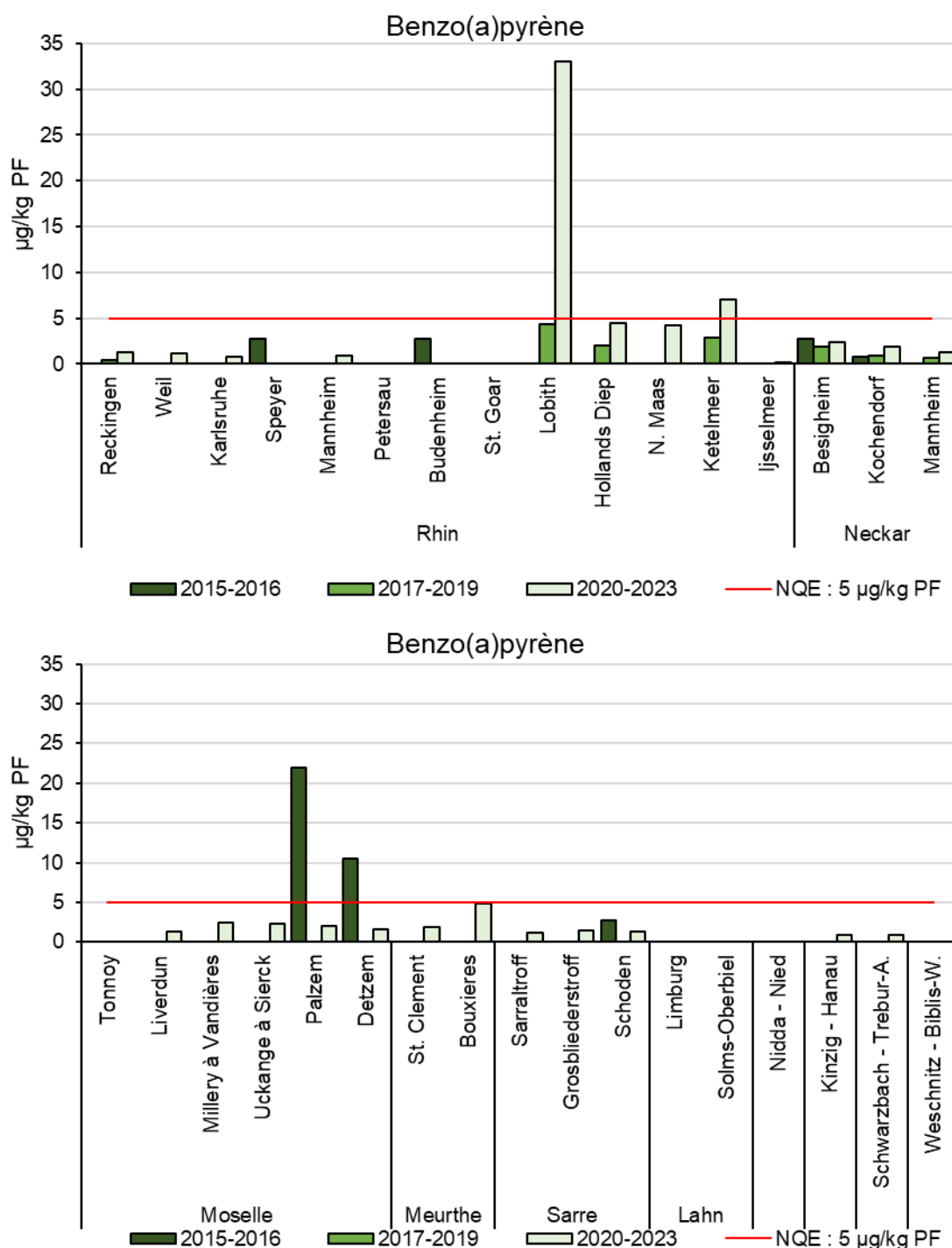


Figure 63 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : Benzo(a)pyrène (sans normalisation, Corbicula et Dreissena).

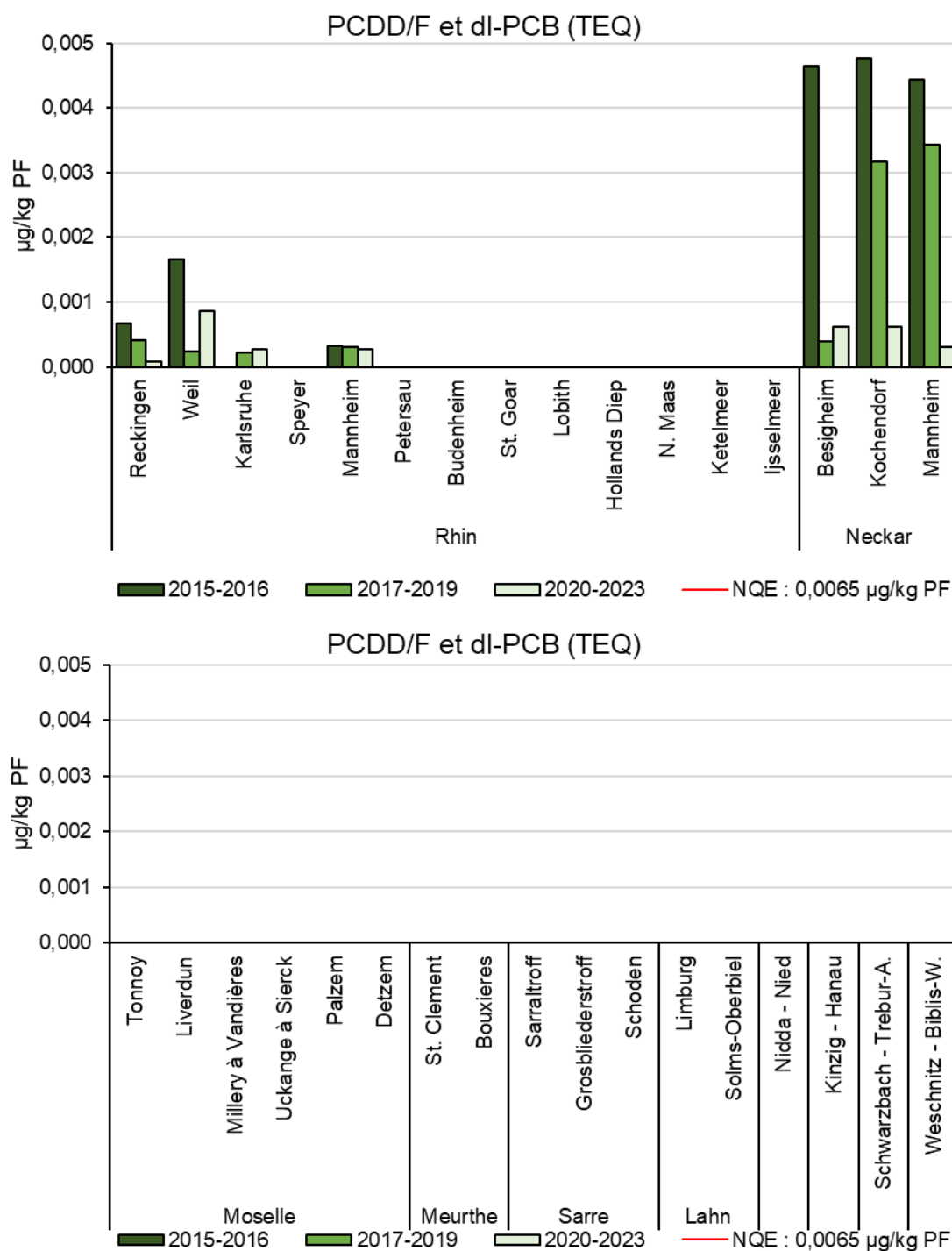


Figure 64 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (sans normalisation, Corbicula et Dreissena). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg (Rhin et Neckar) a transmis des données sur les PCDD/F+PCB type dioxine dans les coquillages.

4.2.4.2 Teneurs normalisées de polluants

La comparaison spatiale des teneurs polluantes normalisées au taux de lipides est présentée dans les Figure 65 à Figure 67 pour le fluoranthène, le benzo(a)pyrène et les dioxines et composés de type dioxine. Comme décrit plus haut, le degré d'exhaustivité des graphiques dépend d'une part de la disponibilité générale des données sur les concentrations polluantes et d'autre part de la disponibilité de taux de lipides permettant une normalisation comparable à ce taux.

Le jeu de données sur le fluoranthène est le plus complet à l'échelle spatiale, comme le montre la Figure 65. À l'exception du Neckar, les seules données évaluables fournies pour les affluents du Rhin sont celles de années 2020-2022. Les teneurs moyennes de fluoranthène les plus élevées par masse d'eau et période sont détectées dans la Meurthe à Bouxières et dans le Rhin à Lobith ainsi que dans le Neckar à Besigheim. Dans ces masses d'eau, la norme de qualité environnementale de 30 µg/kg PF est également dépassée. On observe également pour les teneurs normalisées entre les masses d'eau du Rhin de St. Goar (région de Coblençe) et Lobith une forte hausse du fluoranthène sur la période 2020-2023, ce qui laisse supposer des sources d'émissions entre ces deux masses d'eau, sans que l'on puisse, pour les raisons mentionnées plus haut, les attribuer à des voies d'apport évidentes. Une comparaison dans le temps des trois périodes examinées n'est possible que pour les masses d'eau rhénanes de Reckingen, de Weil et de Mannheim et les trois masses d'eau du Neckar. On relève dans tous les cas une baisse des pressions par le fluoranthène dans les périodes 2017-2019 et 2020-2023.

La distribution spatiale du benzo(a)pyrène est présentée dans la Figure 66. Ici aussi, les échantillons proviennent en majorité de la dernière période évaluée (2020-2023). Les teneurs les plus élevées sont identifiées dans les masses d'eau de Lobith, Hollands Diep, Nieuwe Maas et Ketelmeer, de même que dans la Meurthe à Bouxières, et elles provoquent des dépassements de la norme de qualité environnementale fixée à 5 µg/kg PF. En raison du manque fréquent de données plus anciennes, il n'a été possible d'effectuer une comparaison dans le temps que pour un nombre limité de masses d'eau. Celle-ci indique des teneurs en partie croissantes entre les intervalles de temps 2017-2019 et 2020-2023, comme par ex. dans le Rhin à Lobith, dans le Hollands Diep ou dans le Neckar à Kochendorf.

Comme décrit plus haut pour les teneurs non normalisées, les teneurs de dioxines et de composés de type dioxine ne sont rapportées que par le Bade-Wurtemberg pour le Rhin et le Neckar. Après normalisation au taux de lipides, les teneurs les plus élevées sont détectées en particulier dans le Neckar. On ne relève cependant de dépassement de la norme de qualité environnementale dans aucun des échantillons. L'examen de l'évolution dans le temps fait apparaître des tendances à la baisse des teneurs sur toutes les périodes.

Pour les données normalisées sur les coquillages, les Figure 110 à Figure 115 en annexe présentent la distribution spatiale sous forme de cartes des pressions.

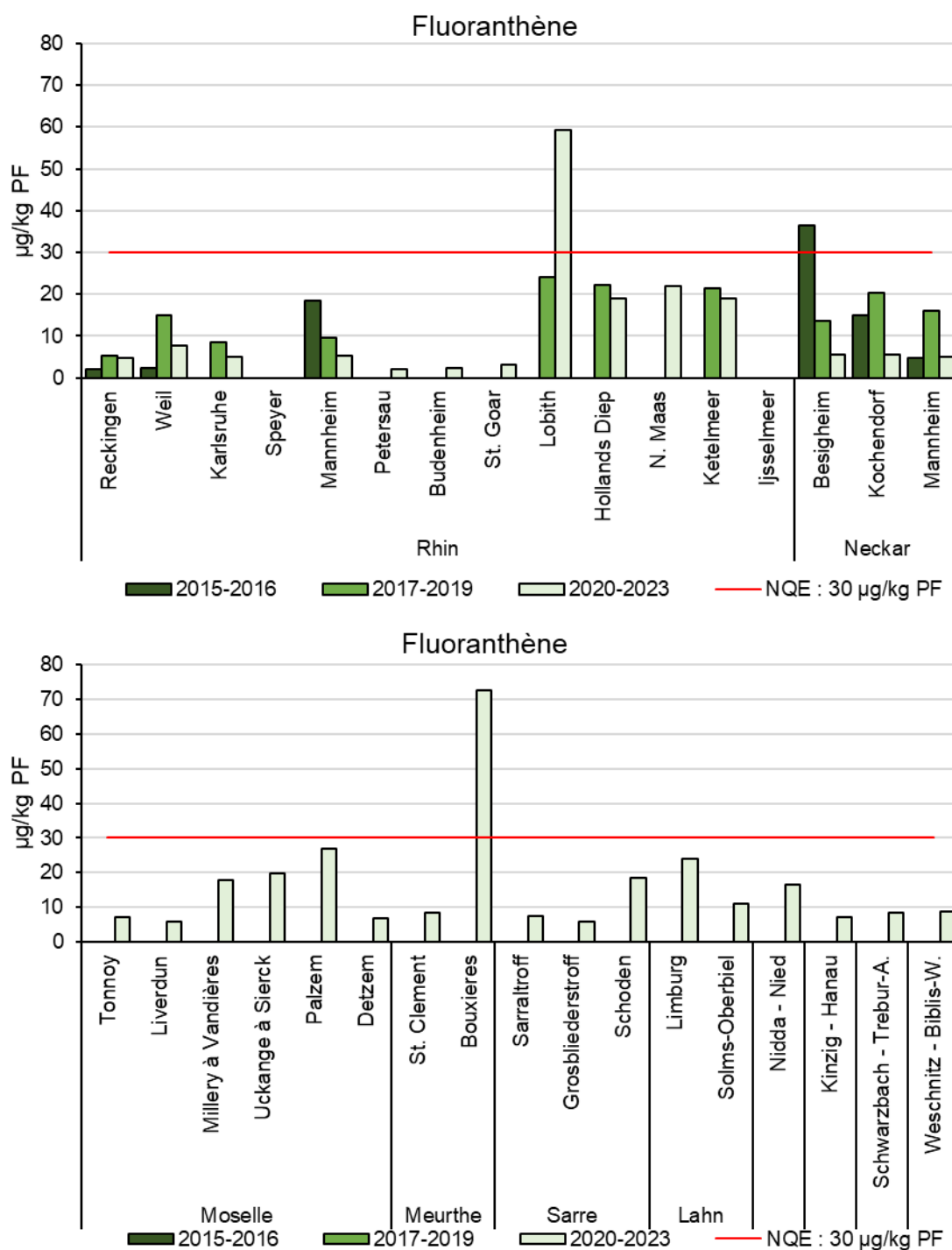


Figure 65 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 1 : fluoranthène (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena).

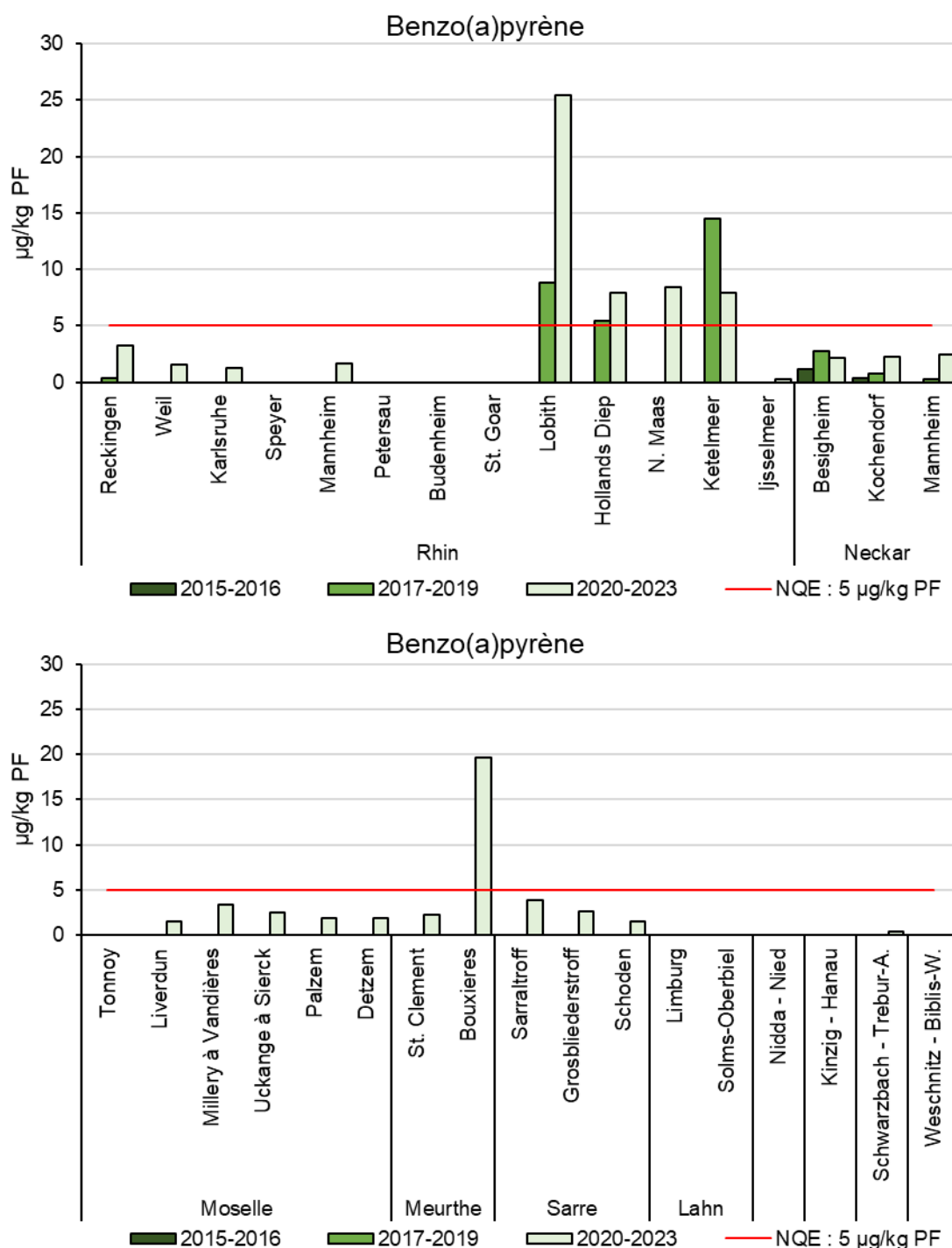


Figure 66 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 2 : benzo(a)pyrène (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena).

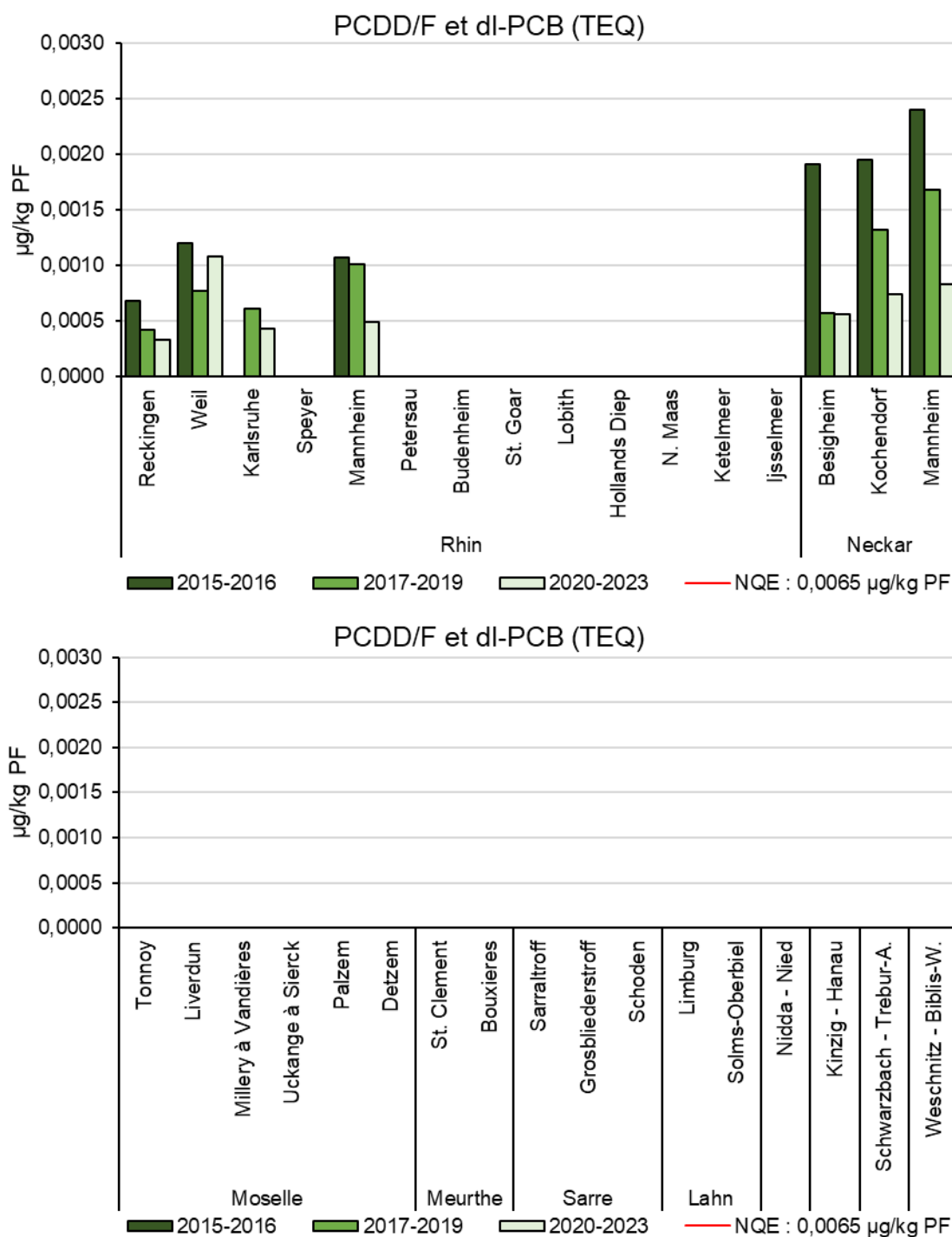


Figure 67 : Comparaison spatiale des teneurs de substances dans les coquillages ; valeurs moyennes par masse d'eau et par période. Partie 3 : PCDD/F+PCB type dioxine (normalisation au taux de lipides, Corbicula et Dreissena). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg (Rhin et Neckar) a transmis des données sur les PCDD/F+PCB type dioxine dans les coquillages.

5 Références bibliographiques

- Becker L, Hennecke D, Düring R. Expositions Betrachtung und Beurteilung des Transfers von Dioxin, dioxinähnlichen PCB und PCB – Literaturstudie. Texte 57 / 2011, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, 198 p 2010.
- Commission européenne. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive: Environmental Quality Standards (EQS) substance data sheet. Priority substance No. 21: Mercury and its compounds.
https://circabc.europa.eu/sd/a/ff8e163c-71f6-4fc0-98ef-875a20add4c8/21_Mercury_EQSdatasheet_150105.pdf 2005.
- Contaminants in Norwegian Freshwater Fish. M-1789 | 2020:
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1789/m1789.pdf>
- Covaci A, Gerecke AC, Law RJ, Voorspoels S, Kohler M, Heeb NV, et al. Hexabromocyclododecanes (HBCDs) in the environment and humans: a review. Environ Sci Technol 2006; 40: 3679-88.
- EBFRIP. European brominated flame retardant industry panel. The voluntary emissions control action programme—measurable achievements. Annual Progress Report 2009.
- ECHA. Inclusion of substances of very high concern in the Candidate List for eventual inclusion in Annex XIV (ED/21/2016). ECHA announcement 2016.
- ECHA. Inclusion of substances of very high concern in the Candidate List for eventual inclusion in Annex XIV (ED/88/2018). ECHA announcement 2018.
- Eisler R. Eisler's Encyclopedia of Environmentally Hazardous Priority Chemicals: Elsevier, 2007.
- Foekema EM, Kotterman M, Hoek-van Nieuwenhuizen M: Chemische biotamonitoring conform KRW. Methodeontwikkeling en compliance-check 2014/2015. Wageningen, IMARES Wageningen UR (University & Research centre), IMARES rapport C082/16. 91 S, 2016.
- Forsthuber M, Kaiser AM, Granitzer S, Hassl I, Hengstschläger M, Stangl H, et al. Albumin is the major carrier protein for PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA and PFDA in human plasma. Environment International 2020; 137: 105324.
- Froese R, Pauly D. FishBase. www.fishbase.org, version (06/2024). World Wide Web electronic publication. 2024.
- Hillenbrand T, Marscheider-Weidemann F, Strauch M, Heitmann K, Schaffrin D. Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie (Forschungsbericht 203 21 280). UBA-Texte 2007.
- LAWA-AO. Rahmenkonzeption Monitoring, Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen: Arbeitspapier IV.3, Stand: 14.02.2020:
https://www.lawa.de/documents/arbeitspapier-iv3-barrierefrei_1689842304.pdf, 2020.
- Lecloux A. Hexachlorobutadiene – Sources, environmental fate and risk characterization. Science Dossier. EuroChlor 2004.

- Lyche J L, Nøstbakken O J, Berg V. EU Water Framework-Directive Priority
Merian E, Anke M, Ihnat M, Stoeppler M. Elements and their compounds in the Environment
Vol. 2: Metals and their Compounds. Vol Vol. 2: Metals and their Compounds: pp. 932-
934, Wiley-VCH, 2004.
- Moermond CT, Verbruggen EM. An evaluation of bioaccumulation data for
hexachlorobenzene to derive water quality standards according to the EU-WFD
methodology. Integrated Environmental Assessment and Management 2013; 9: 87-97.
- OMS. Concise International Chemical Assessment Document 70 – Heptachlor. First draft
prepared by J. Kielhorn, S. Schmidt and I. Mangelsdorf. World Health Organization.
ISBN 9241530707. 2006.
- OMS. Fact Sheet Dioxins, 2023.
- PNUE. Decision SC-4/14: Listing of hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl
ether. Persistent Organic Pollutants Review Committee 2009a.
- PNUE. Decision SC-4/17: Listing of perfluorooctane sulfonic acid, its salts and
perfluorooctane sulfonyl fluoride. Persistent Organic Pollutants Review Committee
2009b.
- PNUE. Decision SC-4/18: Listing of tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether.
Persistent Organic Pollutants Review Committee 2009c.
- PNUE. Decision SC-6/13: Listing of hexabromocyclododecane. Persistent Organic Pollutants
Review Committee 2013a.
- PNUE. Descision SC-7/12: Listing of hexachlorobutadiene. Persistent Organic Pollutants
Review Committee 2016.
- PNUE. Minamata Convention on Mercury, Draft text for a global legally binding instrument on
mercury (UNEP(DTIE)/Hg/INC.5/3). 2012a.
- PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its
second meeting - Risk profile on commercial pentabromodiphenyl ether
(UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.1). Persistent Organic Pollutants Review Committee
2006a.
- PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its
second meeting - Risk profile on perfluorooctane sulfonate
(UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5). Persistent Organic Pollutants Review Committee
2006b.
- PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third
meeting - Risk profile on commercial octabromodiphenyl ether
(UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.6). Persistent Organic Pollutants Review Committee
2007.
- PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its sixth
meeting - Risk profile on hexabromocyclododecane
(UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). Persistent Organic Pollutants Review Committee
2010.

PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eighth meeting - Risk profile on hexachlorobutadiene (UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.2). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2012b.

PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its ninth meeting (UNEP/POPS/POPRC.9/13). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2013b.

PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eleventh meeting (UNEP/POPS/POPRC.11/10). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2015.

PNUE. Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its thirteenth meeting - Risk management evaluation on dicofol (UNEP/POPS/POPRC.13/7/Add.1). Persistent Organic Pollutants Review Committee 2017.

PNUE. The 12 initial POPs under the Stockholm Convention, 2001.

PubChem. Compound Summary - Hexachlorobenzene. In: Medicine NNLo, editor, 2024.

Radermacher G, Fliedner A, Rüdell H. Konzept zur Implementierung der neuen Umweltqualitätsnormen für prioritäre Stoffe in Fischen (Richtlinie 2013/39/EU). Abschlussbericht: Umweltbundesamt, 2019.

Rapport CIPR n° 195 : Rapport sur la contamination de la faune piscicole par les polluants dans le bassin du Rhin : https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0195.pdf, 2011

Rapport CIPR n° 216 : Proposition de programme pilote d'analyse de la contamination des biotes/poissons par des polluants dans le bassin du Rhin en 2014/2015 : https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0216.pdf, 2014.

Rapport CIPR n° 252 : Évaluation statistique des analyses de la contamination du biote/des poissons par des polluants dans le bassin du Rhin en 2014/2015 : https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0252.pdf, 2018.

Rapport CIPR n° 259 : Projet de mise en cohérence d'analyses de la contamination du biote (poissons/coquillages) par des polluants dans le bassin du Rhin dans le cadre du troisième cycle de gestion DCE 2021 - 2027 : https://www.iksr.org/fileadmin/user_upload/DKDM/Dokumente/Fachberichte/FR/rp_Fr_0259.pdf, 2019.

Ritter L, Solomon K, Forget J, Sterneroff M, O'Leary C. A review of selected persistent organic chemicals - Heptachlor-Hexachlorobenzene-Mirex-Toxaphene - Polychlorinated biphenyls - Dioxins and Furans. The International Programme on Chemical Safety (IPCS) within the framework of the Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC) 1995.

- Sellström U, Kierkegaard A, de Wit C, Jansson B. Polybrominated diphenyl ethers and hexabromocyclododecane in sediment and fish from a Swedish River. *Environmental Toxicology and Chemistry* 1998; 17: 1065-1072.
- Sheng N, Cui R, Wang J, Guo Y, Wang J, Dai J. Cytotoxicity of novel fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl substances to human liver cell line and their binding capacity to human liver fatty acid binding protein. *Archives of Toxicology* 2018; 92: 359-369.
- surface waters and biota – a review of monitoring data. 2017. Ecotox Centre, Swiss Centre for Applied Ecotoxicology Eawag-EPFL;
https://www.oekotoxzentrum.ch/media/168205/2017_vermeirssen_situationsanalyse.pdf
- UE. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) – On biota monitoring (the implementation of EQSbiota) under the Water Framework Directive: Publications Office, 2014.
- UE. Décision de la Commission du 30 septembre 2008 concernant la non-inscription du dicofol à l'annexe I de la directive 91/414/CEE du Conseil et le retrait des autorisations de produits phytopharmaceutiques contenant cette substance. *Journal Officiel de l'Union européenne* 2008.
- UE. Directive 2006/122/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 décembre 2006 modifiant pour la trentième fois la directive 76/769/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des États membres relatives aux restrictions de mise sur le marché et d'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (sulfonates de perfluorooctane). *Journal officiel de l'Union européenne* 2006 ; 372.
- UE. Directive 2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 août 2013 portant modification des directives 2000/60/CE et 2008/105/CE sur les substances prioritaires dans le domaine de l'eau. *Journal Officiel de l'Union européenne* 2013.
- UE. Règlement (CE) n° 850/2004 du Parlement européen et du Conseil. *Journal officiel de l'Union européenne* 2004.
- UE. Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. *Journal officiel de l'Union européenne* 2000.
- UE. Directive n° 2003/11/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 juin 2003 portant vingt-quatrième modification de la directive 76/769/CEE du Conseil concernant la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (pentabromodiphényléther, octabromodiphényléther) (L 42/45). *Journal officiel de l'Union européenne* 2003.
- Umweltbundesamt. Chemischer Zustand der Fließgewässer:
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/fliessgewaesser/chemischer-zustand-der-fliessgewaesser#der-chemische-zustand-der-gewasser>. last access July 23, 2024, 2023.
- US-EPA. EPA and 3M announce phase out of PFOS (release date 05/16/2000). 2000.

Van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, et al. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological sciences* 2006; 93: 223-241.

Vermeirssen E, Kase R, Werner I : The occurrence of 12 EU priority substances in Swiss
Wang P, Liu D, Yan S, Cui J, Liang Y, Ren S. Adverse Effects of Perfluorooctane Sulfonate on the Liver and Relevant Mechanisms. *Toxics* 2022; 10: 265.

Wen Y, Rashid F, Fazal Z, Singh R, Spinella MJ, Irudayaraj J. Nephrotoxicity of perfluorooctane sulfonate (PFOS)—effect on transcription and epigenetic factors. *Environmental Epigenetics* 2022; 8.

Annexes

Nachfolgend werden die Substanzen und Substanzgruppen beschrieben, sowie die Belastungskarten der betrachteten Schadstoffe beziehungsweise Schadstoffgruppen dargestellt. Le chapitre A.2 présente les cartes des pressions sans normalisation correspondante, tandis que le chapitre A.3 présente les cartes des pressions après normalisation préalable au taux de matières sèches (mercure et SPFO) ou au taux de lipides (tous les autres polluants).

Les cartes des pressions montrent à chaque fois les valeurs moyennes de la période 2016-2022 (poissons) ou 2016-2023 (coquillages) et font ainsi suite au rapport précédent de la CIPR pour les années 2014/2015 (CIPR 2018). Dans la mesure du possible, les données présentées ont été normalisées en fonction de l'enjeu pertinent selon la directive-cadre Eau, donc soit au filet (enjeu de la santé humaine), soit au poisson entier (enjeu de l'écosystème). Conformément à l'évaluation présentée au chapitre 4.1.4, les données se rapportent soit aux omnivores et aux carnivores, soit aux omnivores uniquement, en fonction de la substance. Le PFOS constitue une exception : on dispose ici de cartes des pressions tant pour le jeu de données des omnivores que pour celui de tous les poissons.

Dans le cas du mercure et des PFOS, les taux de matières sèches manquants ont été remplacés lors de la normalisation nécessaire au taux de matières sèches par des valeurs de substitution de 21,5 % dans le filet et de 25,9 % dans le poisson entier, afin de tenir compte de toutes les valeurs.

Le chapitre A.4 présente en outre sous forme de tableau les échantillons de poissons et de coquillages, y compris les données biométriques.

A.1 Substances et groupes de substances

Les douze substances et groupes de substances étudiés dans le cadre de ce projet sont présentés ci-dessous dans des fiches descriptives concises. Le diphényl'éthers polybromés et le hexabromocyclododécane sont présentés conjointement en tant que retardateurs de flammes dans le chapitre A.1.8. Un tableau synoptique regroupant les normes de qualité environnementale en vigueur pour toutes les substances / groupes de substances se trouve au chapitre A.1.12.

A.1.1 Benzo(a)pyrène

Nom de la substance : benzo(a)pyrène
Abréviation : benzo(a)pyrène
CAS : 50-32-8

Le benzo(a)pyrène est un hydrocarbure polycyclique aromatique (HPA) issu de la combustion incomplète de matières organiques (p. ex. bois, pétrole, charbon). Parmi les sources d'émission d'HPA, il y a donc les gaz de combustion des véhicules et de l'industrie, certains rejets industriels, les eaux de ruissellement routières et les incendies. La fumée de cigarette et le barbecue au charbon peuvent également constituer des sources d'exposition pour la santé humaine. Le benzo(a)pyrène qui arrive dans l'atmosphère peut ensuite être transporté par le vent sur de larges superficies et arriver ainsi dans les sols et les masses d'eau. Il est considéré comme cancérogène, mutagène, reprotoxique et bioaccumulable. Le benzo(a)pyrène a en particulier un effet toxique aigu et chronique pour les organismes aquatiques. Pour ces raisons, il a été ajouté dans la liste de substances candidates de l'ECHA conformément au règlement REACH (ECHA, 2016).

A.1.2 Dicofol

Nom de la substance : dicofol
Abréviation : dicofol
CAS : 115-32-2

Le dicofol est un acaricide de structure chimique similaire au DDT (p,p'-dichlorodiphényltrichloroéthane). Le produit technique contient en outre de faibles quantités de DDT et d'analogues chimiques du DDT. Le log Kow du dicofol est compris entre 3,5 et 6,06 et le potentiel de bioaccumulation est également élevé avec des facteurs de bioconcentration (BCF) entre 6 100 et 43 000 dans les poissons. La substance est surtout stockée dans le tissu adipeux. Par ailleurs, le dicofol est toxique pour les organismes aquatiques et provoque un amincissement des coquilles d'œufs d'oiseaux (PNUE, 2015). Il n'est plus autorisé au sein de l'UE depuis 2008 car le risque qu'il représente pour le

consommateur n'est pas suffisamment évalué (UE, 2008). Le dicofol est inscrit dans la liste des substances candidates de la Convention de Stockholm (PNUE, 2013b ; PNUE, 2017).

A.1.3 Fluoranthène

Nom de la substance : fluoranthène
Abréviation : fluoranthène
CAS : 206-44-0

Comme le benzo(a)pyrène (cf. A.1.1), le fluoranthène est un hydrocarbure polycyclique aromatique (HPA) produit en cas de combustion incomplète de matières organiques. Il est considéré comme mutagène et fortement bioaccumulable et a donc été ajouté dans la liste de substances candidates de l'ECHA conformément au règlement REACH (ECHA, 2018).

A.1.4 Heptachlore et époxyde d'heptachlore

Nom de la substance : heptachlore et époxyde d'heptachlore
Abréviation : HC+HCE
CAS : 76-44-8 et 1024-57-3

L'heptachlore (HC) est un insecticide très efficace anciennement appliqué par ex. dans la lutte contre les termites et le moustique anophèle. L'heptachlore et plus encore son produit de dégradation époxyde d'heptachlore sont très persistants dans l'environnement. Avec des log Kow de 5,40 à 6,10, ces substances ont un potentiel de bioaccumulation élevé avec des BCF dans les poissons pouvant atteindre 11 000. Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en graisse (Ritter et al., 1995 ; OMS, 2006). L'heptachlore est toxique et soupçonné cancérigène. Depuis la ratification de la Convention de Stockholm en 2004 (UE, 2004 ; PNUE, 2001), l'heptachlore est interdit dans le monde entier.

A.1.5 Hexachlorobenzène

Nom de la substance : hexachlorobenzène
Abréviation : HCB
CAS : 118-74-1

L'hexachlorobenzène (HCB) est un fongicide très largement répandu par le passé et qu'on utilisait entre autres pour traiter les semences et pour protéger le bois. C'est également un plastifiant et un stabilisant dans différents processus industriels, un produit chimique de base dans la production d'autres composés organochlorés tels que le pentachlorophénol, et un métabolite de pesticides organochlorés. La production et l'utilisation de l'hexachlorobenzène est restreinte dans l'UE depuis les années 1980. Malgré tout, de petites quantités d'HCB

peuvent encore rejoindre l'environnement du fait de l'utilisation de pesticides chlorés, de la fabrication de solvants ou de pesticides chlorés ou de la lixiviation de bois traité (Hillenbrand et al. 2007). Le log Kow de l'hexachlorobenzène est compris entre 5,5 et 6,2 (PubChem, 2024) et cette substance s'accumule fortement dans les organismes, principalement dans les tissus riches en graisse. Le BCF moyen est de 128 000 pour les poissons (Moermond & Verbruggen 2013). De plus, l'hexachlorobenzène est toxique et reprotoxique. La Convention de Stockholm a interdit cette substance à l'échelle mondiale en 2001 (UE, 2004 ; PNUE, 2001).

A.1.6 Hexachlorobutadiène

| | |
|-----------------------|---------------------|
| Nom de la substance : | hexachlorobutadiène |
| Abréviation : | HCBD |
| CAS : | 87-68-3 |

L'hexachlorobutadiène a surtout été utilisé comme solvant d'autres composés chlorés, par exemple dans la fabrication de chlore gazeux ou comme solvant d'élastomères. Il entrerait également dans la composition de lubrifiants et de produits phytosanitaires. L'hexachlorobutadiène est un sous-produit de fabrication d'autres composés chlorés tels que le tétrachlorocarbène ou le tétrachloroéthène (PNUE, 2012b). Sa dégradation est lente dans le milieu naturel. L'hexachlorobutadiène a une forte toxicité aquatique et est considéré comme cancérigène. En raison de son log Kow élevé (3,7 - 4,9), il a tendance à s'adsorber aux particules et à s'accumuler dans les organismes (Hillenbrand et al., 2007 ; Lecloux, 2004). Des BCF jusqu'à 17 000 ont été mesurés dans les poissons. Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en graisse. La production et l'utilisation d'hexachlorobutadiène ont été interdites en 2015 dans le cadre de la Convention de Stockholm (PNUE, 2016).

A.1.7 Acide perfluorooctanesulfonique

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| Nom de la substance : | acide perfluorooctanesulfonique |
| Abréviation : | PFOS |
| CAS : | 1763-23-1 |

L'acide perfluorooctanesulfonique (PFOS) appartient au groupe de produits des substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) et a été surtout utilisé comme agent d'imprégnation, par ex. pour les textiles. En outre, il a été un composant important des mousses d'extinction. Le PFOS rentrait également dans la composition de produits chimiques utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs et la photolithographie. Le PFOS est toxique, persistant dans l'environnement et caractérisé par un fort potentiel de bioaccumulation et de bioamplification (PNUE, 2006b). Il se lie aux protéines et les concentrations les plus élevées sont donc

constatées dans les tissus riches en protéines tels que ceux du foie, des reins et du sang (Forsthuber et al., 2020 ; Sheng et al., 2018 ; Wang et al., 2022 ; Wen et al., 2022). Le producteur principal 3M a renoncé volontairement depuis 2001 à produire du PFOS (US-EPA, 2000). Depuis 2008, l'utilisation de PFOS au sein de l'UE est limitée à des applications spéciales en photolithographie, galvanisation et technique aéronautique (UE, 2006). Des restrictions d'utilisation s'appliquent à l'échelle mondiale depuis 2009 en vertu de la Convention de Stockholm (PNUE, 2009b).

A.1.8 Polybromodiphényléthers et hexabromocyclododécane

Nom de la substance : polybromodiphényléthers
Abréviation : PBDE
CAS : - (mélange)

Nom de la substance : hexabromocyclododécane
Abréviation : HBCDD
CAS : - (mélange)

Les retardateurs de flamme bromés PBDE et HBCDD sont utilisés dans les matériaux de construction, les meubles rembourrés, les textiles, les emballages et les appareils électroniques et électriques. Ces deux substances entrent dans la catégorie des retardateurs de flamme, additifs qui ne sont pas liés chimiquement au produit et peuvent donc s'échapper relativement facilement dans le milieu ambiant.

Les PBDE étaient déjà utilisés dans les années 1980 alors que l'HBCDD n'a gagné en importance que dans le courant des années 1990 quand a été limitée l'utilisation de mélanges techniques de penta-BDE et d'octa-BDE (Covaci et al, 2006 ; Sellström et al., 1998).

La famille des PBDE regroupe 209 congénères possibles formés de 1 à 10 atomes de brome. Les mélanges les plus répandus sont ceux qui contiennent principalement des congénères pentabromés, octabromés et décabromés. Les congénères les plus courants dans le pentaBDE technique (n° CAS 32534-81-9) sont le 2,2',4,4'-tétraBDE (BDE-47) et le 2,2',4,4',5-pentaBDE (BDE-99), alors que le 2,2',3',4,4',5',6-heptaBDE (BDE-183) est le composant principal de l'octaBDE technique (n° CAS 32536-52-0). Le décaBDE technique (n° CAS 1163-19-5) se compose principalement de BDE-209.

L'HBCDD commercial est constitué pour l'essentiel des trois diastéréoisomères α -HBCDD, β -HBCDD et γ -HBCDD (n° CAS 134237-50-6, 134237-51-7 et 134237-52-8). Le diastéréoisomère γ domine avec un pourcentage de 70 à 95 % alors que l' α -HBCDD et le β -HBCDD ne représentent qu'env. 5 à 30 % du total.

Le pentaBDE, l'octaBDE et l'HBCDD sont toxiques, persistants dans l'environnement et bioaccumulables, avec des log Kow de 6,64 à 6,97 (PentaBDE), 6,29 (OctaBDE) et 5,63 (HBCDD). Les concentrations les plus élevées sont observées dans les tissus riches en

graisse. De plus, ces substances s'accumulent dans la chaîne alimentaire (PNUE, 2006a ; PNUE, 2007 ; PNUE, 2010). Depuis les années 1990, l'industrie chimique allemande renonce à produire du pentaBDE et de l'octaBDE ; ces substances sont interdites dans l'UE depuis 2004 (UE, 2003). Dans le cadre de la Convention de Stockholm, les utilisations de pentaBDE et d'octaBDE sont fortement restreintes à l'échelle mondiale depuis 2009 (PNUE, 2009a ; PNUE, 2009c).

Des programmes volontaires de réduction des émissions d'HBCDD ont été engagés en 2004 et 2006 (EBFRIP, 2009). La Convention de Stockholm a sensiblement abaissé l'utilisation de cette substance en 2013 (PNUE, 2013a).

A.1.9 Dioxines et composés de type dioxine

| | |
|-----------------------|---|
| Nom de la substance : | polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/F) et polychlorobiphényles de type dioxine |
| Abréviation : | PCDD/F + dl-PCB |
| CAS : | - (mélange/paramètre de groupe) |

Les PCDD/F et les PCB de type dioxine sont des composés issus involontairement de divers processus industriels sous forme de sous-produits. Les PCDD/F résultent par ex. de la combustion de matériaux organiques dans des conditions non optimales tels que dans les feux en plein air et les usines d'incinération mal exploitées. Ils sont par ailleurs des sous-produits des processus de fabrication de pesticides et de blanchiment de la pâte à papier. Les principaux responsables d'émissions de PCDD/F par le passé ont surtout été l'industrie du chlore et de la soude, l'industrie des métaux non ferreux, les usines d'incinération des déchets et les centrales thermiques. Les PCB de type dioxine entrent dans la composition de tous les mélanges de PCB largement utilisés jusque dans les années 1980, par ex. dans les lubrifiants, les liquides hydrauliques, les liquides de refroidissement et d'isolation, les plastifiants, les stabilisateurs de revêtements plastiques et les retardateurs de flamme. Parmi les 209 congénères de PCB existants, 12 sont regroupés avec 7 dioxines sélectionnées et 10 furanes dans le calcul de teneurs limites et pour la détermination de la norme de qualité environnementale sur les dioxines et les furanes, du fait de leurs propriétés de type dioxine (dl-PCB). Les PCB et les PCDD/F sont liposolubles et s'accumulent dans les tissus riches en graisse des organismes. Les log Kow des 17 dioxines et furanes sont compris entre 6,46 et 8,75, ceux des 12 PCB de type dioxine entre 5,13 et 7,98 (Becker et al. 2010). Ces substances sont hautement toxiques, cancérogènes et classés perturbateurs endocriniens (OMS, 2023). La toxicité des PCDD/F et des PCB de type dioxine est exprimée par des équivalents de toxicité (TEQ) qui se réfèrent au congénère de dioxine le plus toxique, à savoir la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-TCDD, poison Seveso) (Van den Berg et al., 2006). D'après la Convention de Stockholm, les PCDD/F et les PCB de type dioxine sont interdits depuis 2001 (PNUE, 2001).

A.1.10 Polychlorobiphényles

Nom de la substance : polychlorobiphényles
Abréviation : PCB
CAS : - (mélange)

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des composés fortement toxiques qui ont été utilisés dans de nombreuses applications jusque dans les années 1980 (voir plus haut). Environ 130 congénères de PCB différents entrent dans la fabrication de mélanges commerciaux. De nombreux PCB sont persistants dans l'environnement et disposent d'un fort potentiel de bioaccumulation. Les concentrations maximales apparaissent dans les tissus riches en graisse (log Kow congénères susmentionnés : 5,67 - 7,36 ; Becker et al., 2010). Les PCB ne sont plus produits en Allemagne depuis 1983 et leur utilisation est fortement restreinte dans l'UE depuis 1985. Des restrictions à l'échelle mondiale ont suivi en 2001 dans le cadre de la Convention de Stockholm (PNUE, 2001).

A.1.11 Mercure

Nom de la substance : mercure
Abréviation : Hg
CAS : 7439-97-6

Le mercure (Hg) est un métal ubiquiste dans l'environnement. On le trouve sous une multitude de formes physiques et chimiques. Les formes les plus significatives sont le mercure élémentaire et les composés de mercure monométhylrique (CH_3HgX , MeHg). Le MeHg est particulièrement problématique en raison de sa toxicité très élevée et de son fort potentiel bioaccumulable et bioamplificateur (Commission européenne, 2005 ; Merian et al., 2004). Étant donné que le mercure se lie aux protéines du groupe des thiols (groupe SH), les concentrations les plus élevées se trouvent dans les tissus riches en protéines SH, comme par ex. le tissu musculaire (Eisler, 2007). Une part très importante de la contamination par le mercure provient d'activités humaines, une baisse des pressions sur l'environnement n'est donc possible que par une réduction des émissions. Il a donc été conclu en 2013 un accord global de protection de la santé humaine et de l'environnement contre le mercure nommé Convention de Minamata (PNUE, 2012a). Cette convention contient des mesures telles que l'interdiction d'exploiter de nouvelles mines de mercure, l'obligation de fermer les anciennes et la prise de mesures de contrôle des émissions.

A.1.12 Vue d'ensemble

Les normes de qualité environnementale (NQE) ainsi que la matrice correspondante pour les contrôles des substances et groupes de substances étudiés dans cette étude sont regroupées dans le Tableau 21 ci-dessous.

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 142/221 -

Tableau 21 : NQE des substances et groupes de substances étudiées.

| (Groupe de) substance(s) | Abréviation | Composition | NQE biote ¹⁷ [µg/kg PF] | Matrice de contrôle | Enjeu |
|---|-----------------|---|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Benzo(a)pyrène | -/- | Benzo(a)pyrène | 5 | Crustacés et mollusques | Santé humaine |
| Dicofol | -/- | Dicofol | 33 | Poissons | Ecosystème |
| Fluoranthène | -/- | Fluoranthène | 30 | Crustacés et mollusques | Santé humaine |
| Heptachlore et époxyde d'heptachlore | HC + HCE | HC + HCE | 0,0067 | Poissons | Santé humaine |
| Hexabromocyclododécane | HBCDD | Somme des diastéréoisomères α-HBCDD, β-HBCDD et γ-HBCDD | 167 | Poissons | Ecosystème |
| Hexachlorobenzène | HCB | HCB | 10 | Poissons | Santé humaine |
| Hexachlorobutadiène | HCBD | HCBD | 55 | Poissons | Ecosystème |
| Perfluorooctane sulfonate | PFOS | PFOS | 9,1 | Poissons | Santé humaine |
| Diphényléthers polybromés | PBDE | Somme des BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154 | 0,0085 | Poissons | Santé humaine |
| Polychlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes (PCDD/F) et polychlorobiphényles de type dioxine | PCDD/F + dl-PCB | Somme de 7 PCDD + 10 PCDF, 12 PCB de type dioxine | 0,0065 (TEQ OMS) | Poissons, crustacés et mollusques | Santé humaine et écosystème |
| Mercure | Hg | Hg | 20 | Poissons | Ecosystème |

¹⁷ Conformément à la directive 2013/39/UE

A.2 Figures complémentaires : cartes de pressions sans normalisations

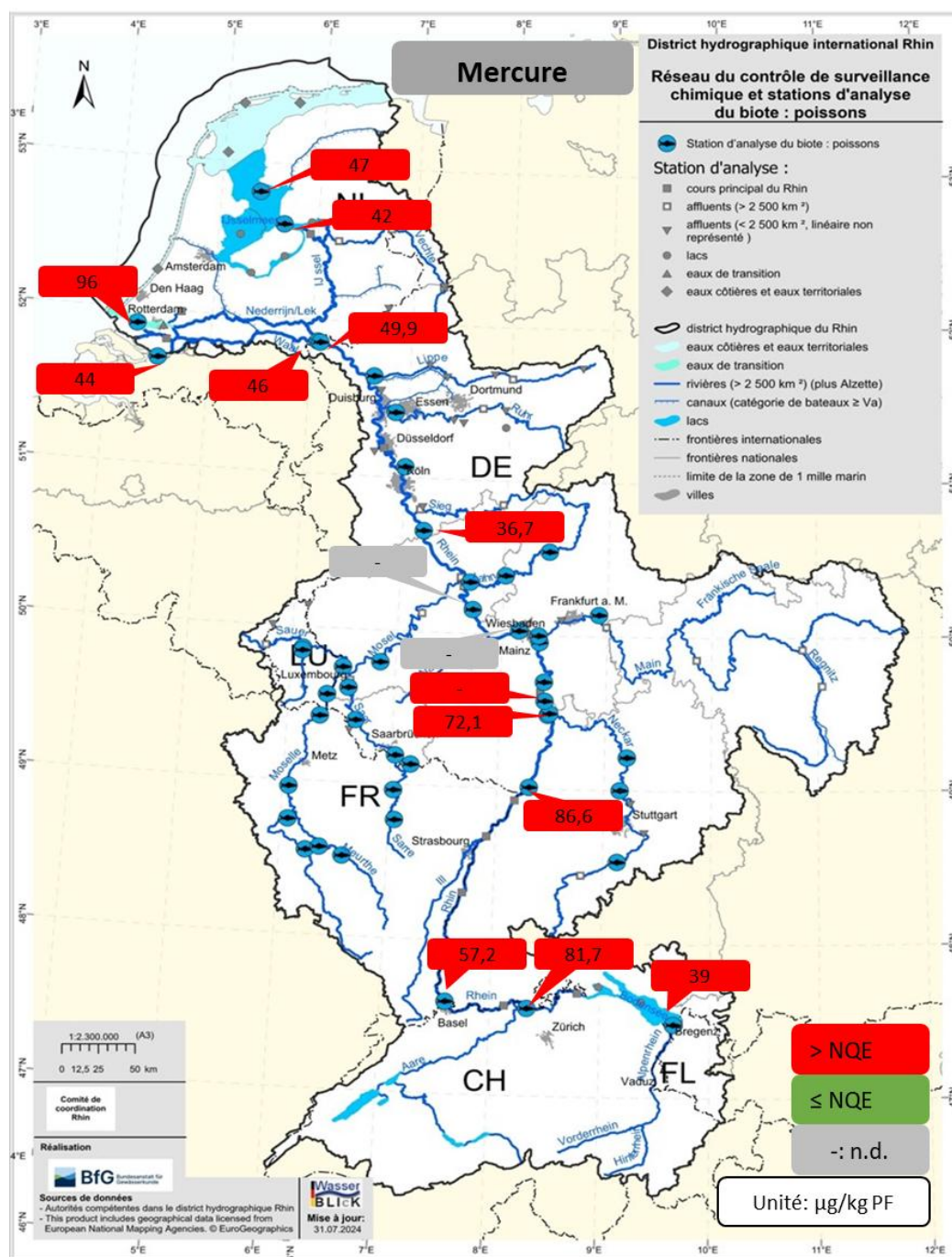


Figure 68 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1A : mercure dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF).



Figure 69 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 1B : mercure dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier, uniquement omnivores ; NQE : 20 µg/kg PF).

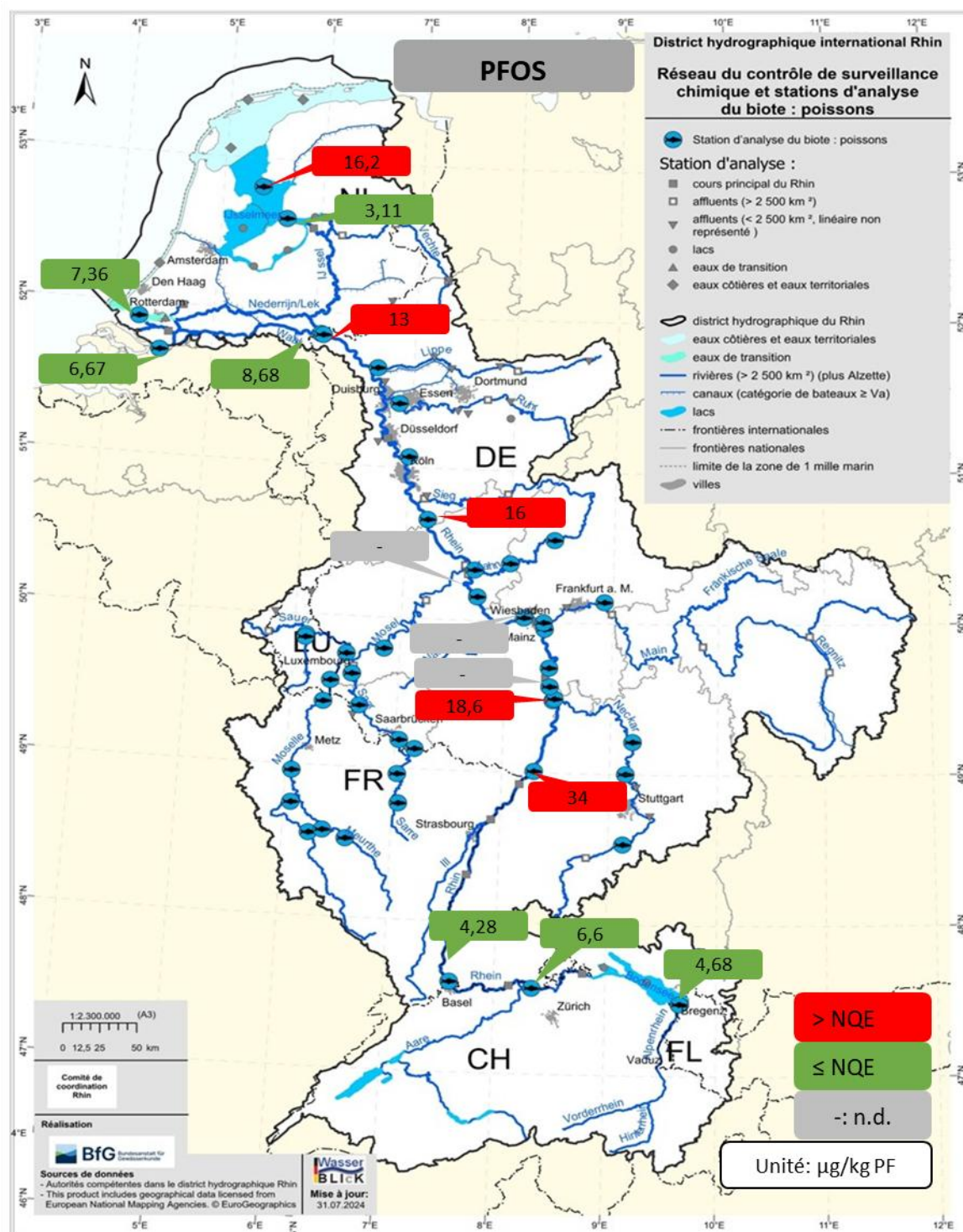
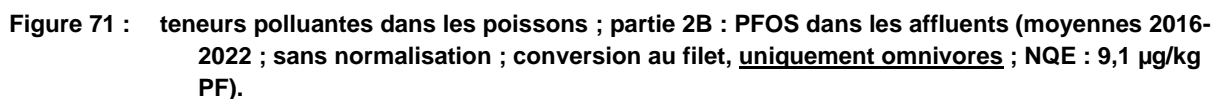


Figure 70 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2A : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).



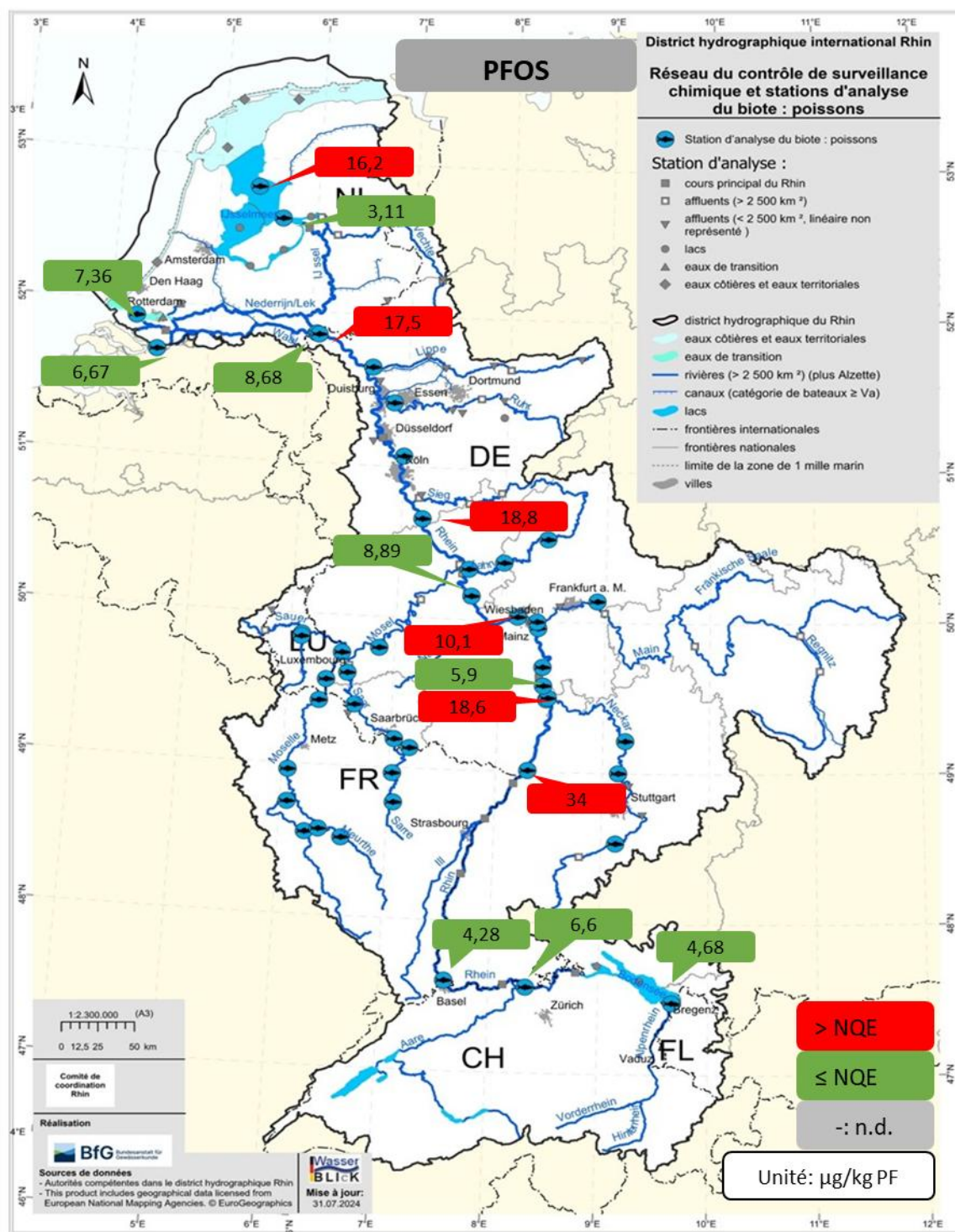


Figure 72 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2C : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).



Figure 73 : Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2D : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).

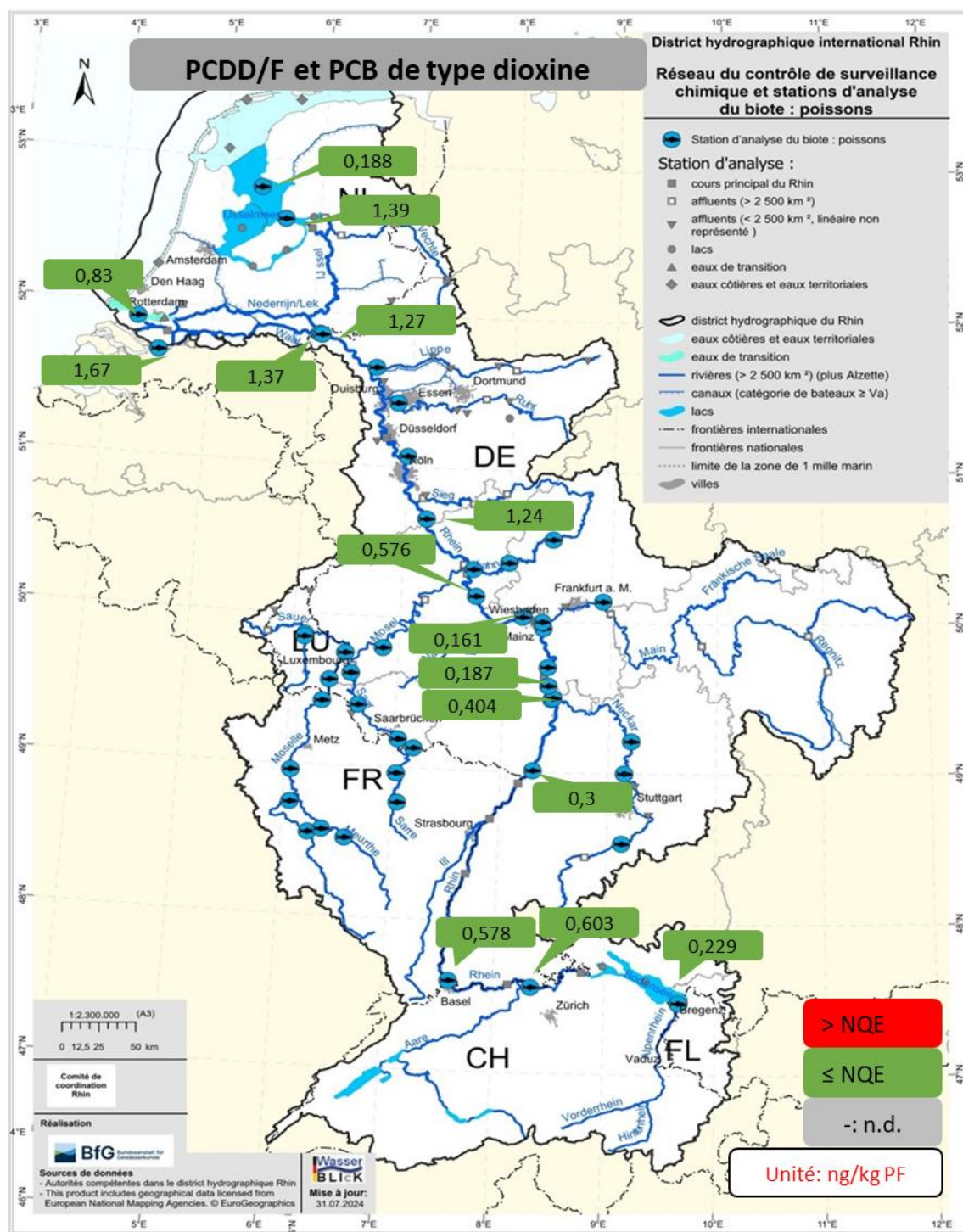


Figure 74 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3A : PCDD/F + PCB type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).

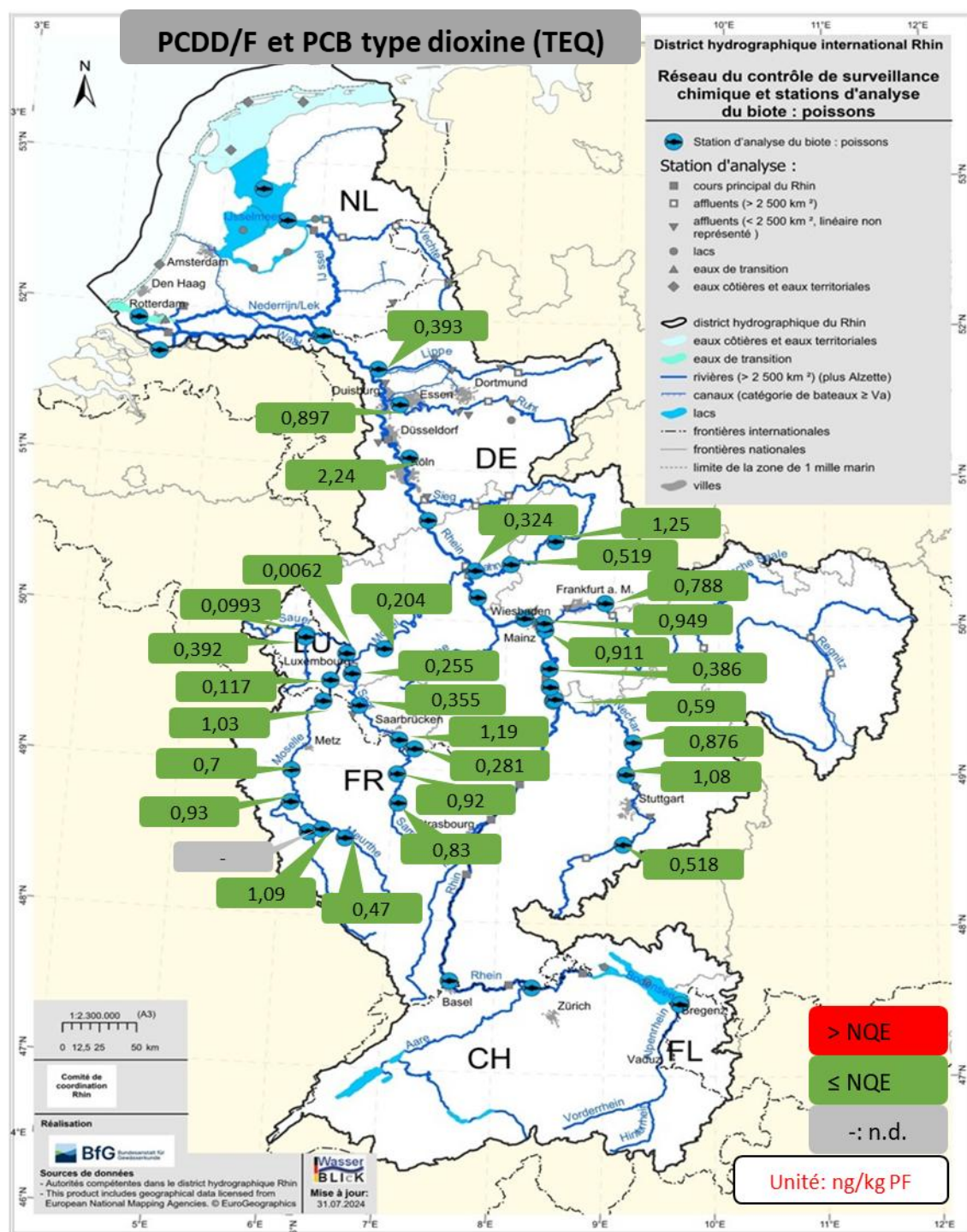


Figure 75 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3B : PCDD/F + PCB type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).

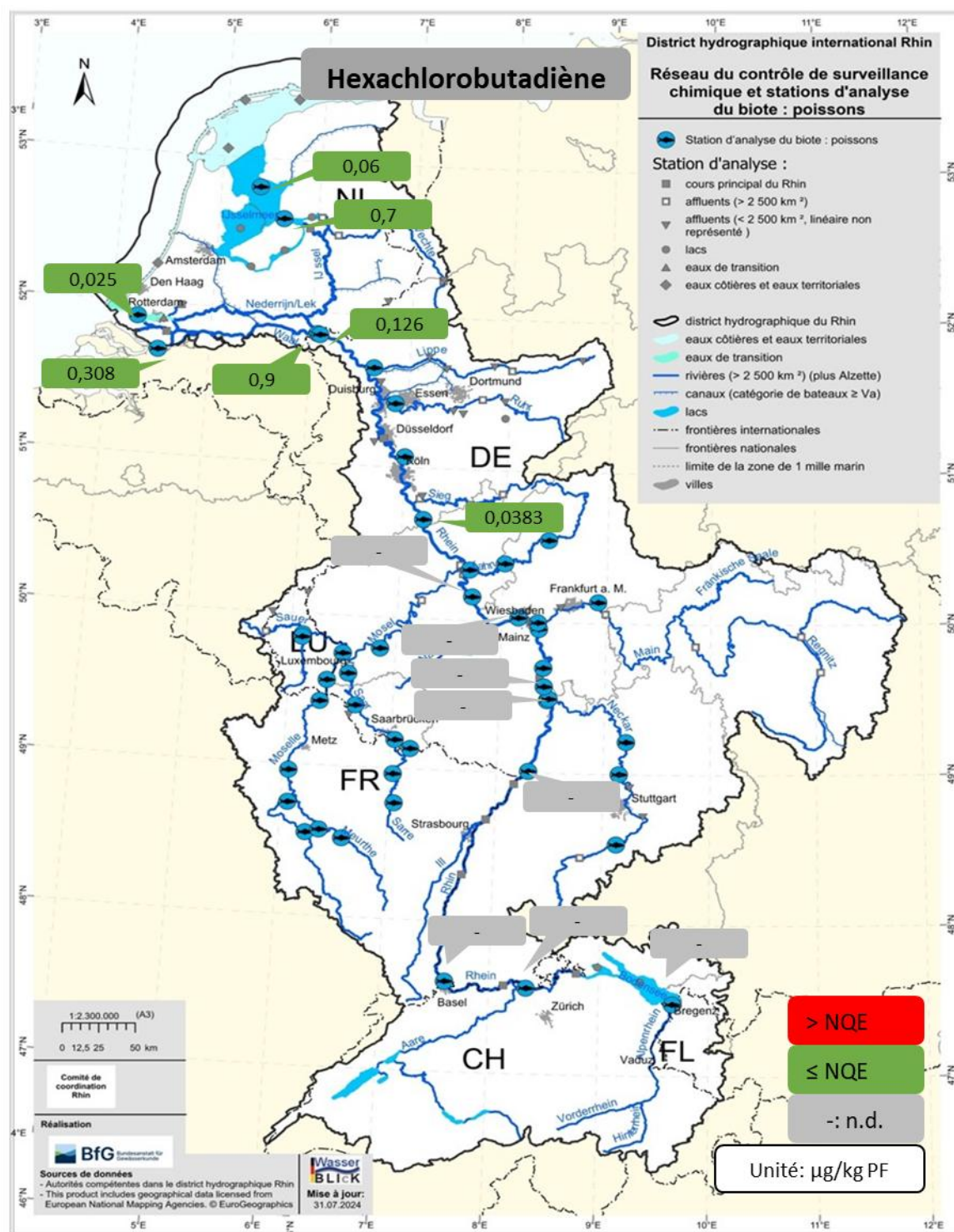


Figure 76 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4A : hexachlorobutadiène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF).

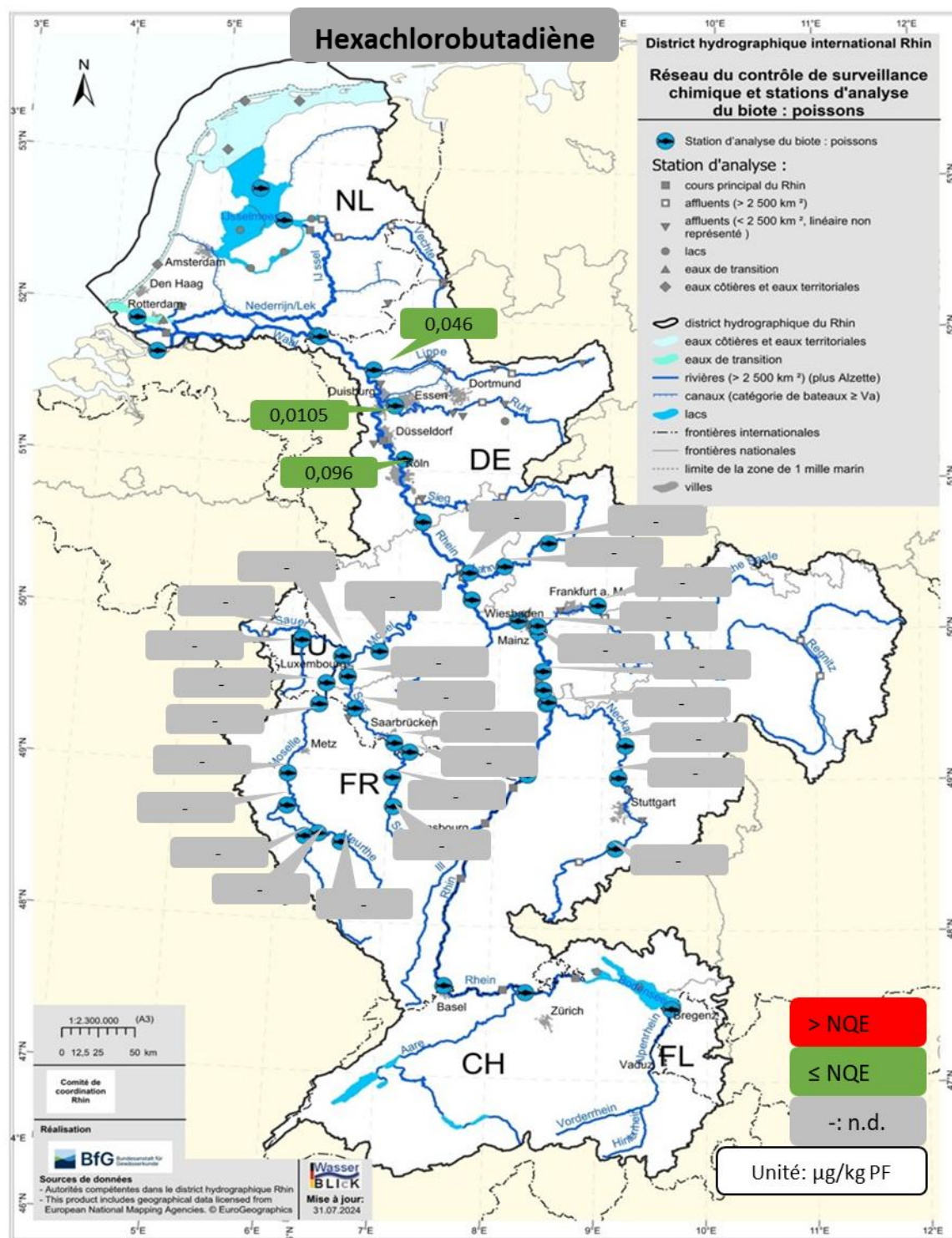


Figure 77 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4B : hexachlorobutadiène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF).

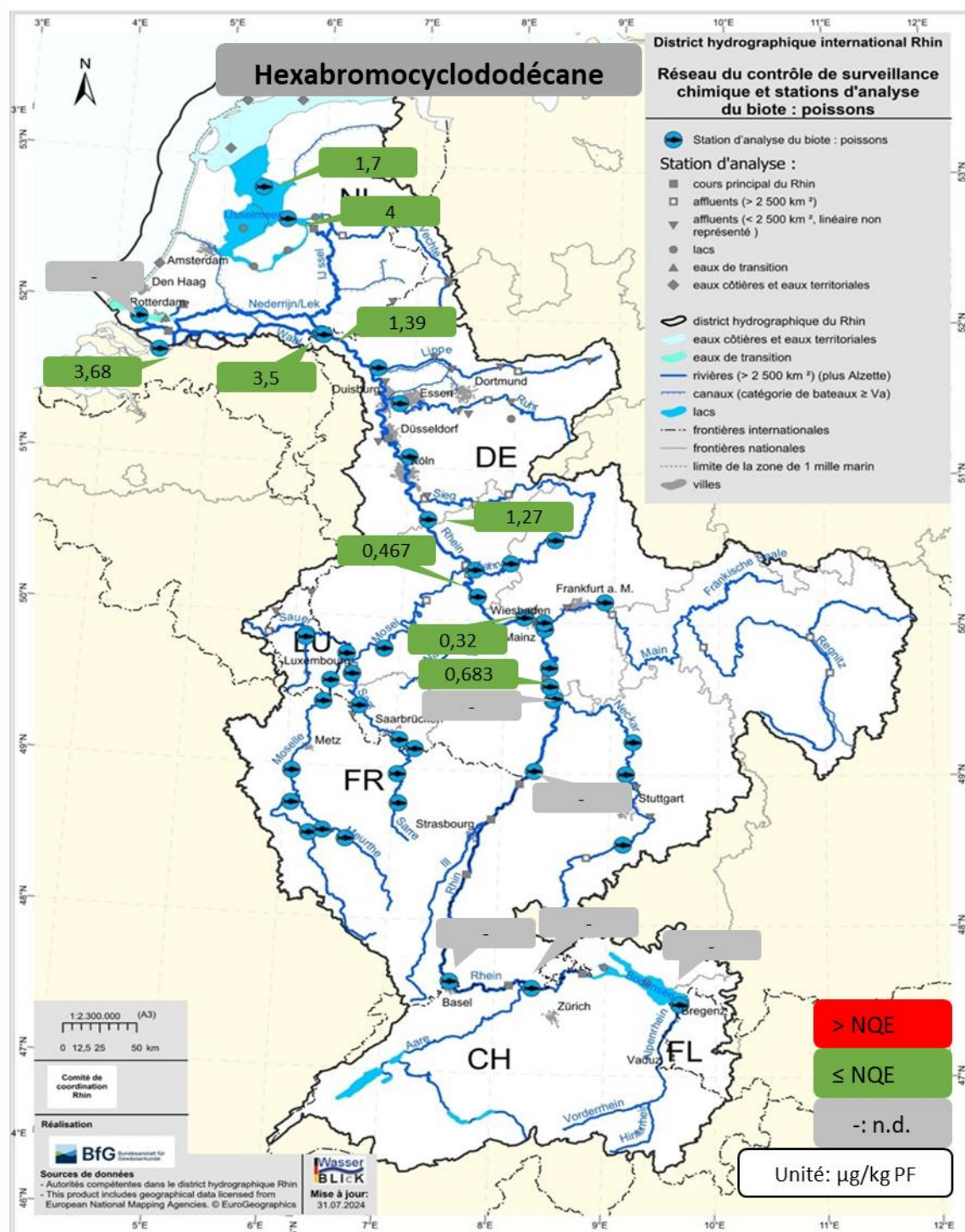


Figure 78 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5A : hexabromocyclododécane dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF).

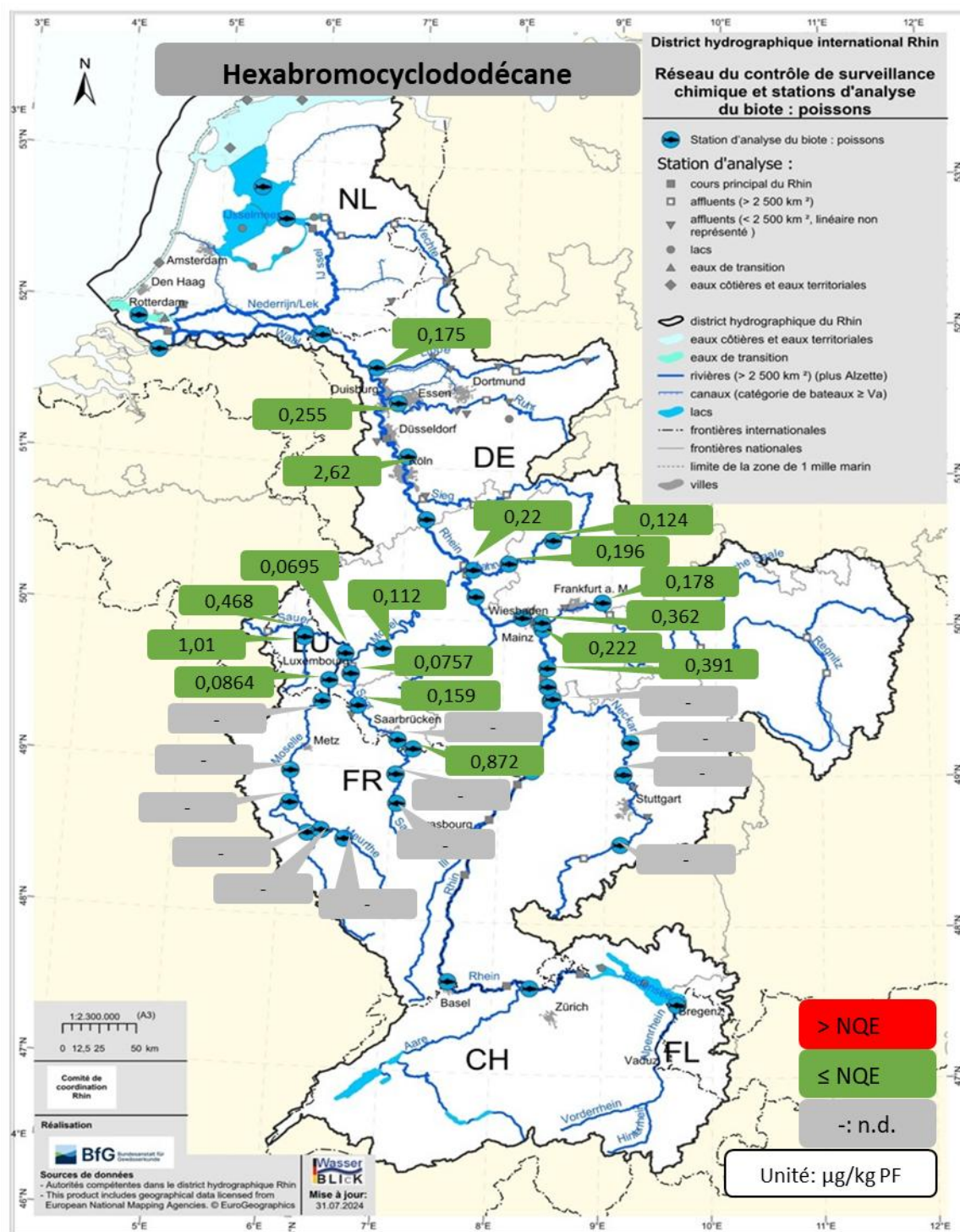


Figure 79 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5B : hexabromocyclododécane dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF).

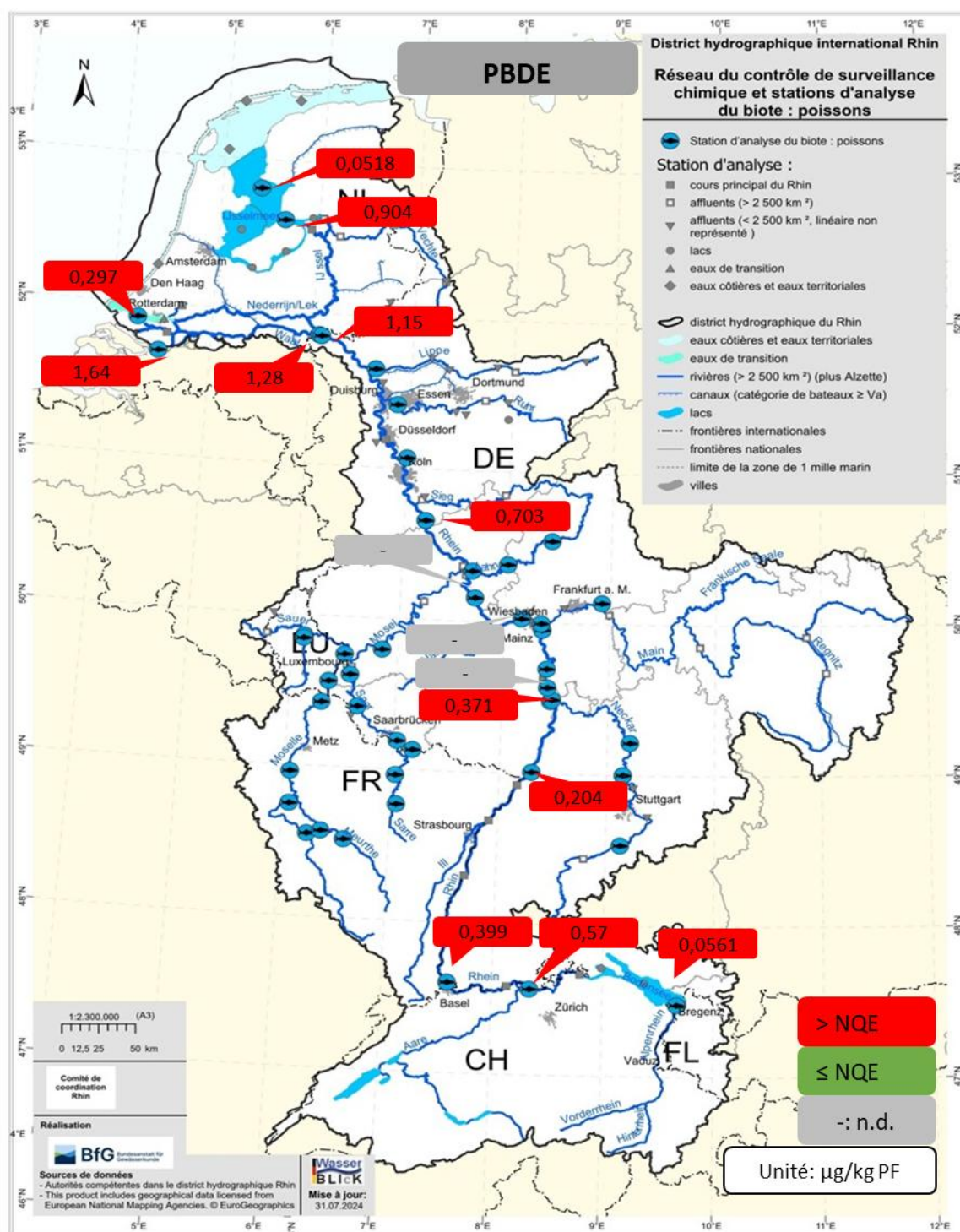


Figure 80 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6A : PBDE selon la DCE dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet ; uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF).

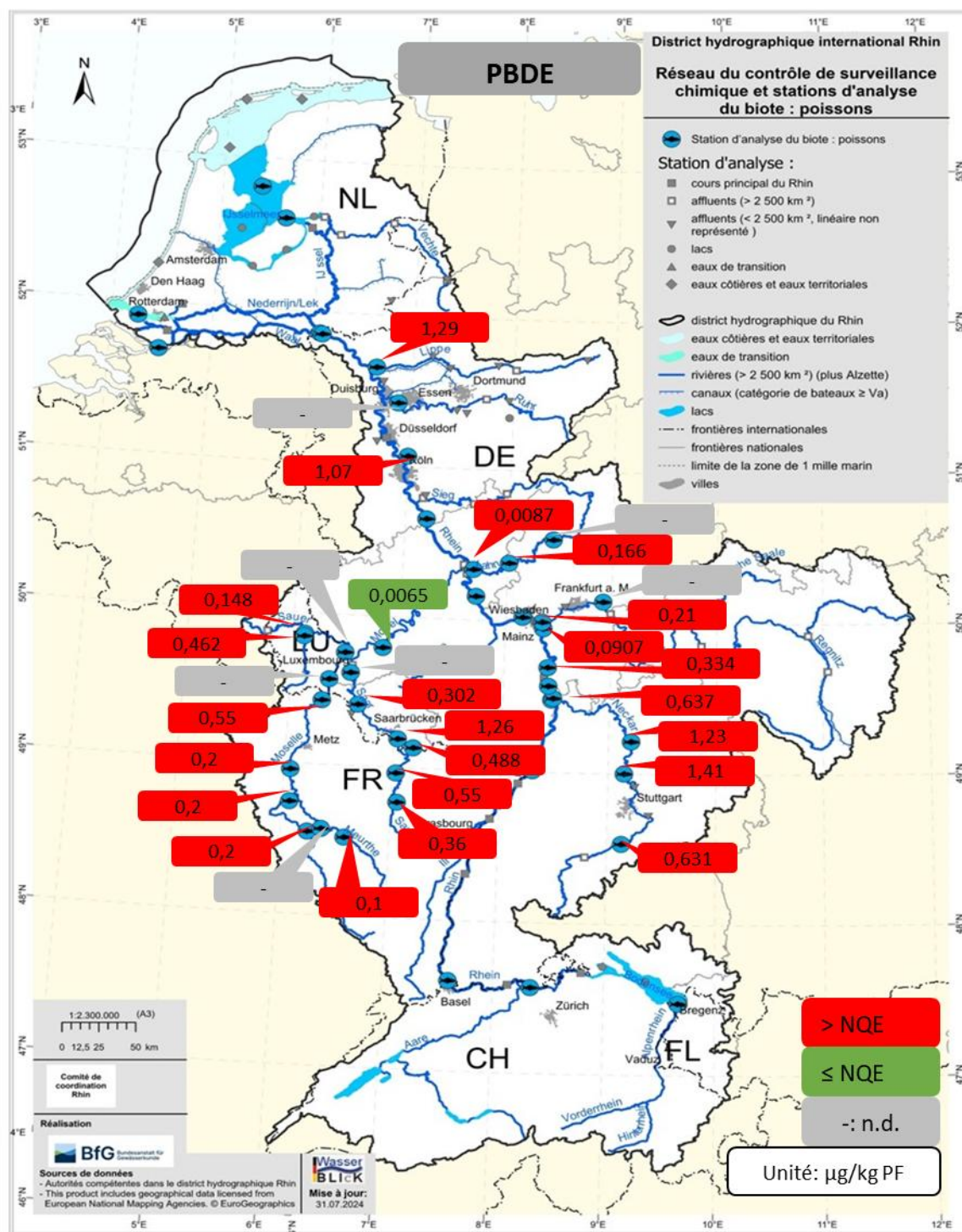


Figure 81 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6B : PBDE selon la DCE dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF).

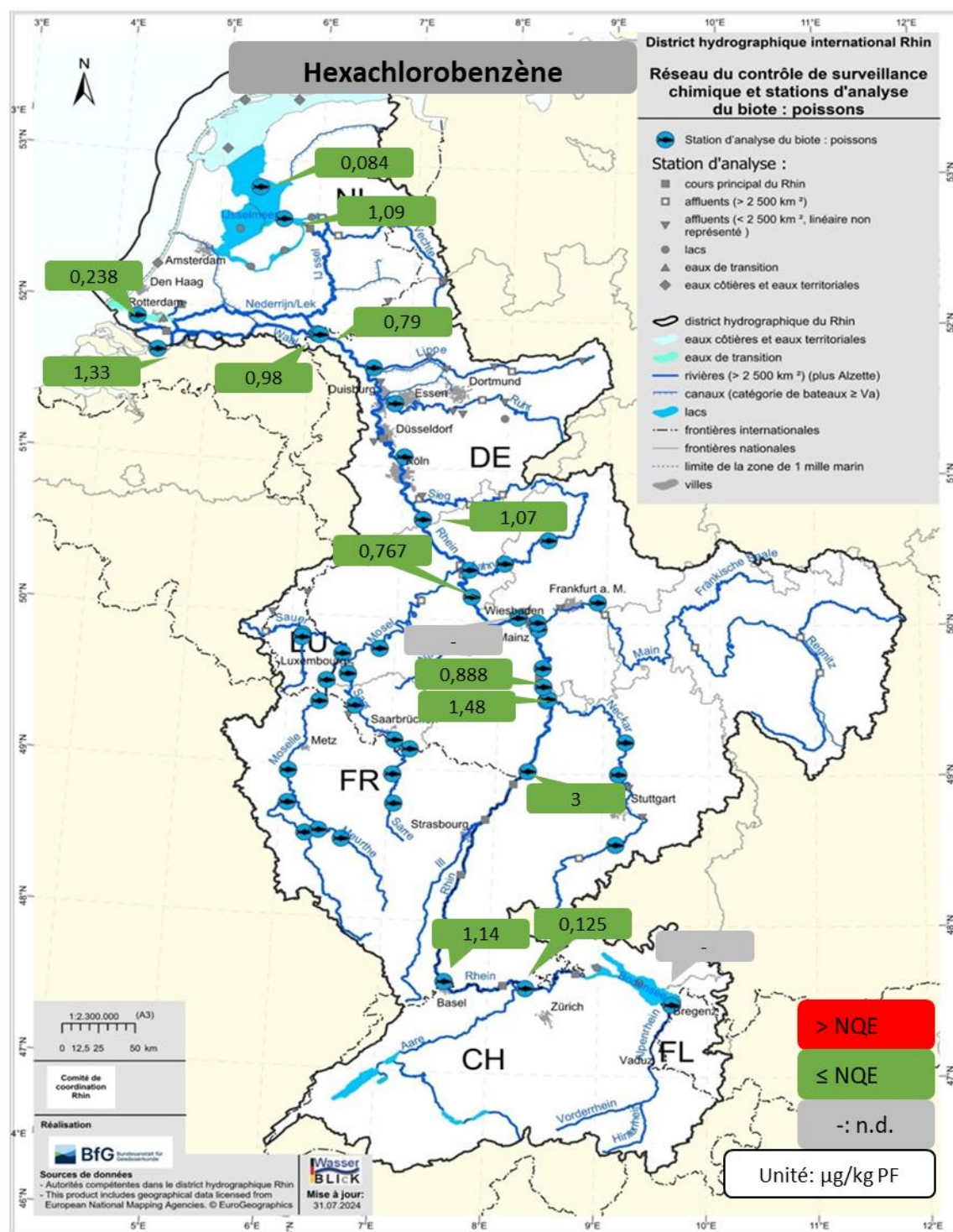


Figure 82 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7A : hexachlorobenzène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF).

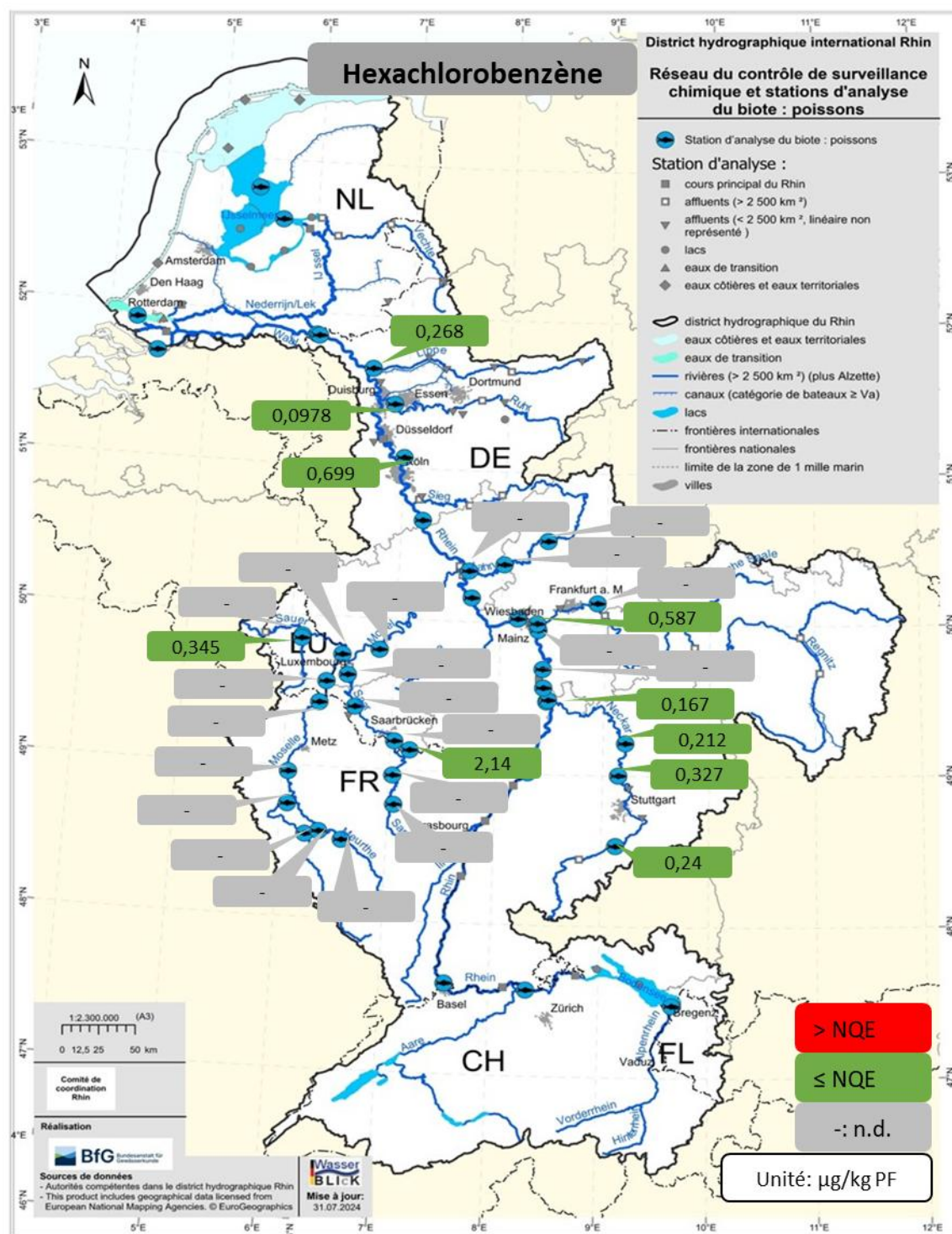


Figure 83 : Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7B : hexachlorobenzène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF).

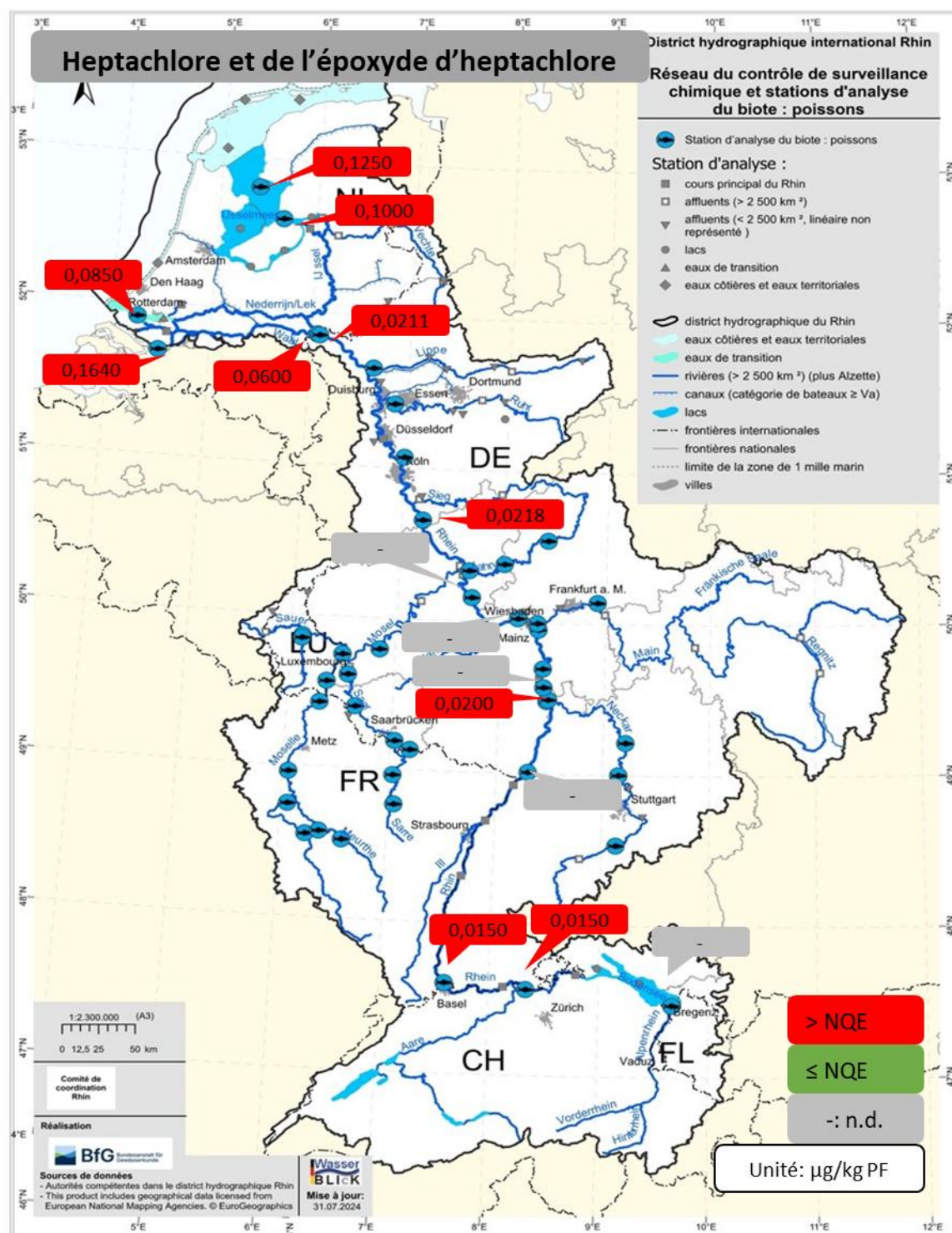


Figure 84 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9A : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF).

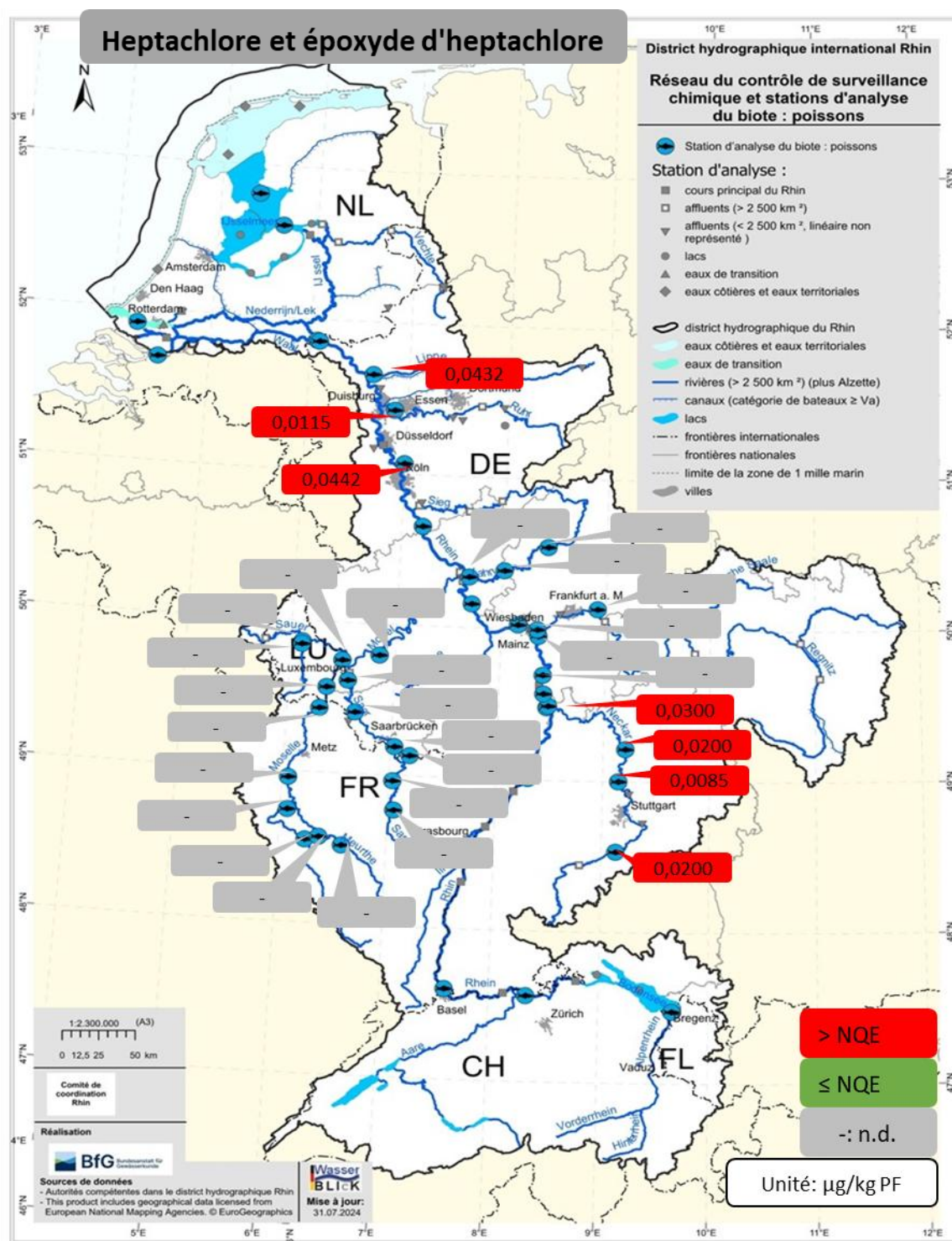


Figure 85 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9B : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; sans normalisation ; filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF).

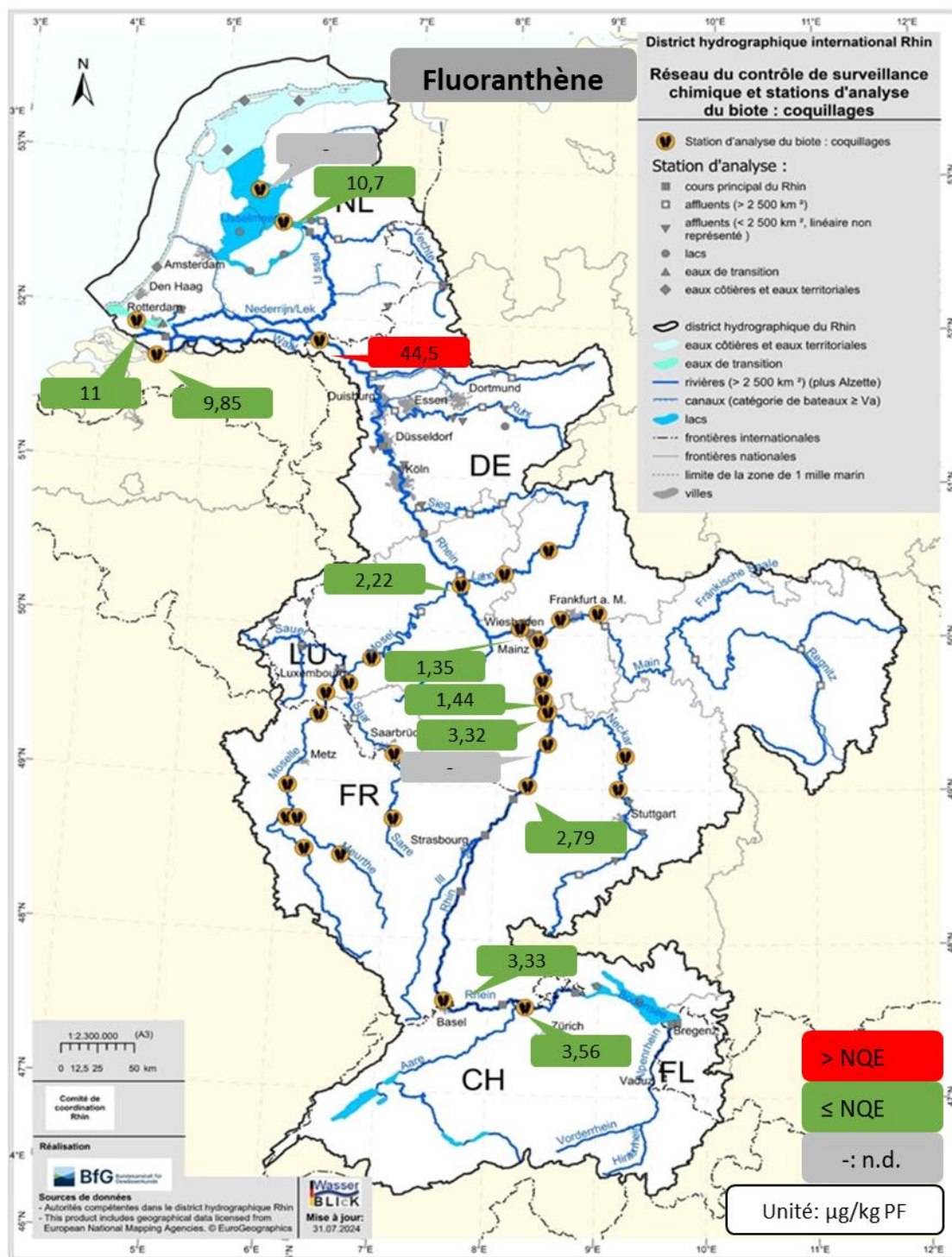


Figure 86 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1A : fluoranthène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 30 µg/kg PF).

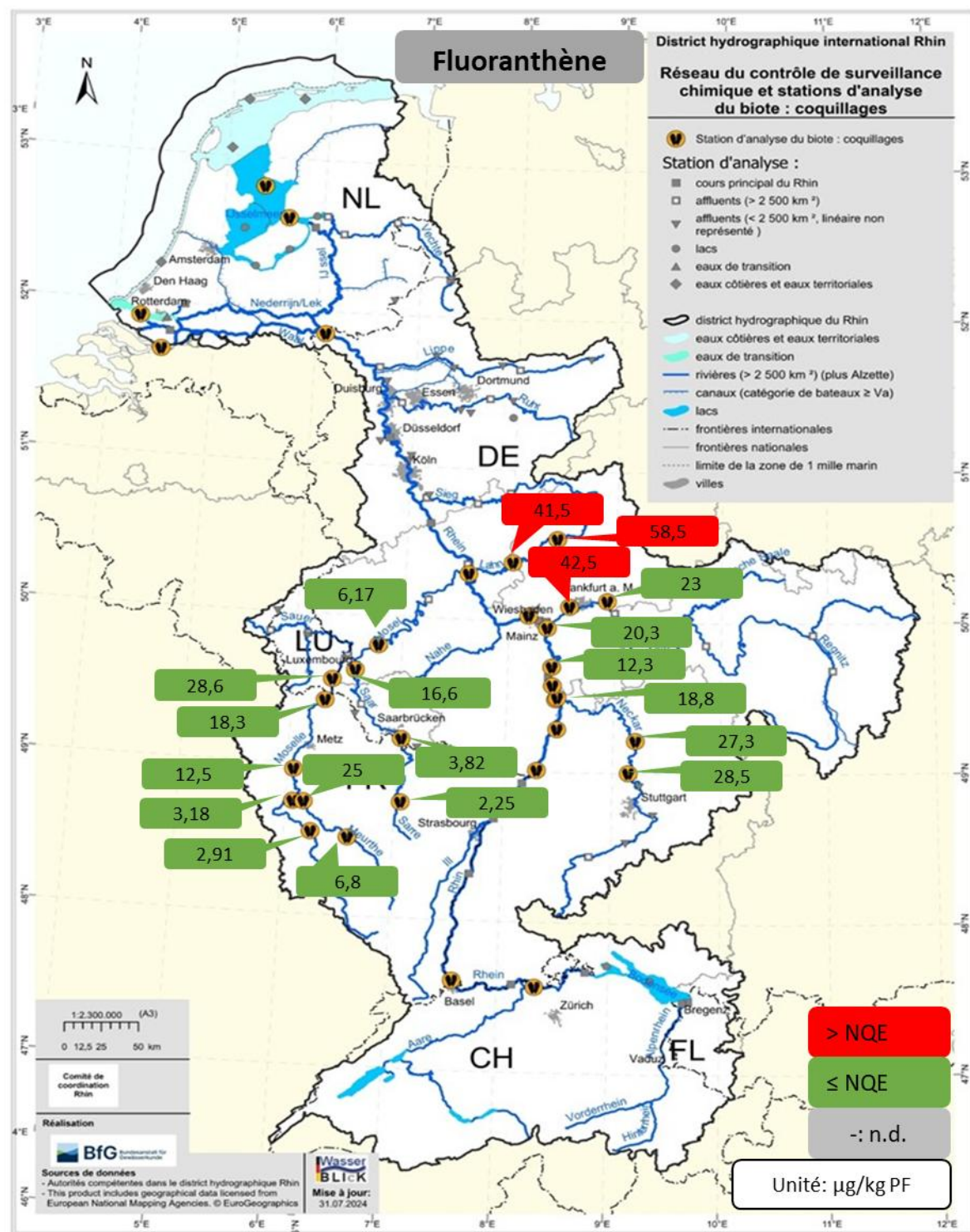


Figure 87 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1B : fluoranthène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 30 µg/kg PF).

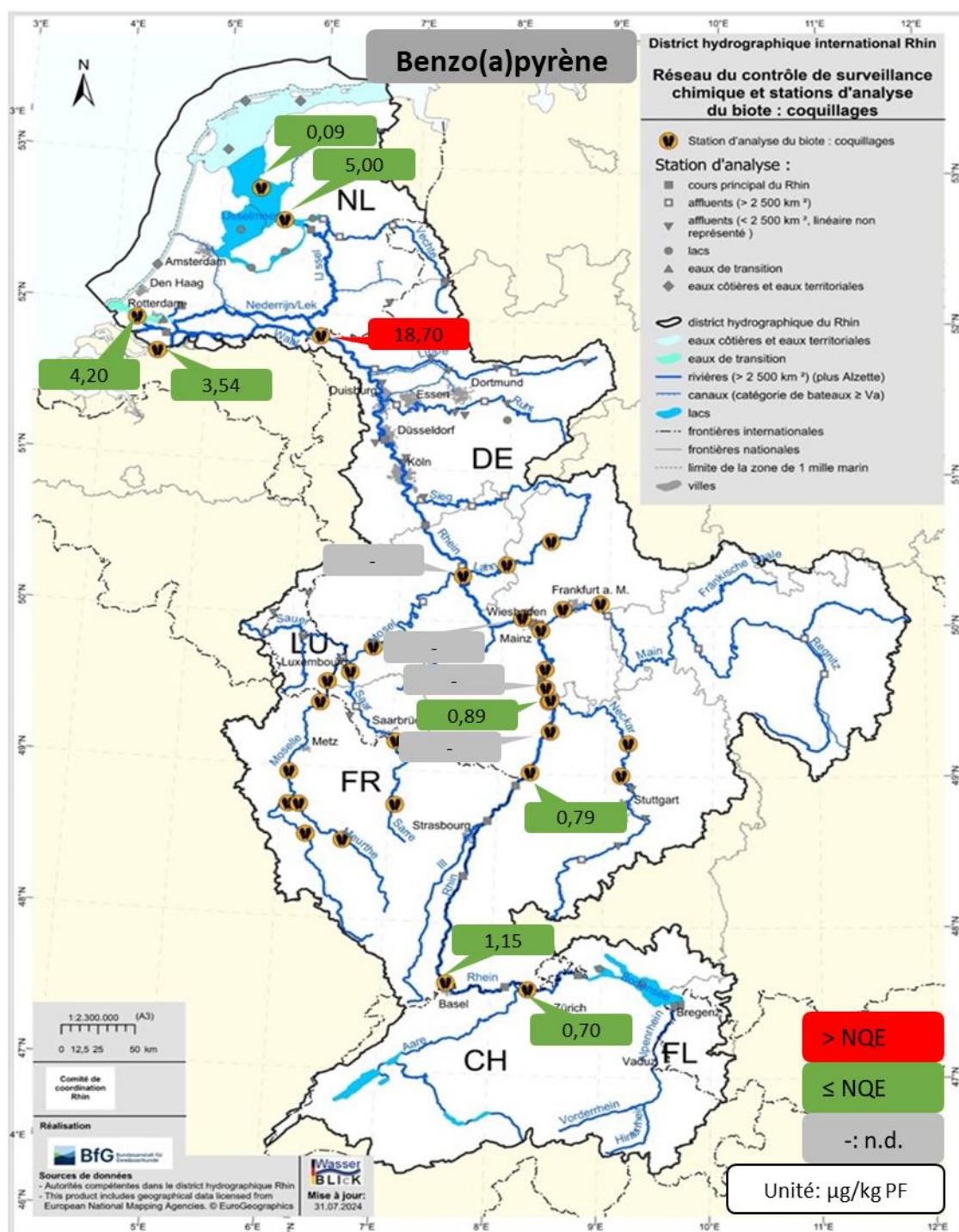


Figure 88 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2A : benzo(a)pyrène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 5 µg/kg PF).

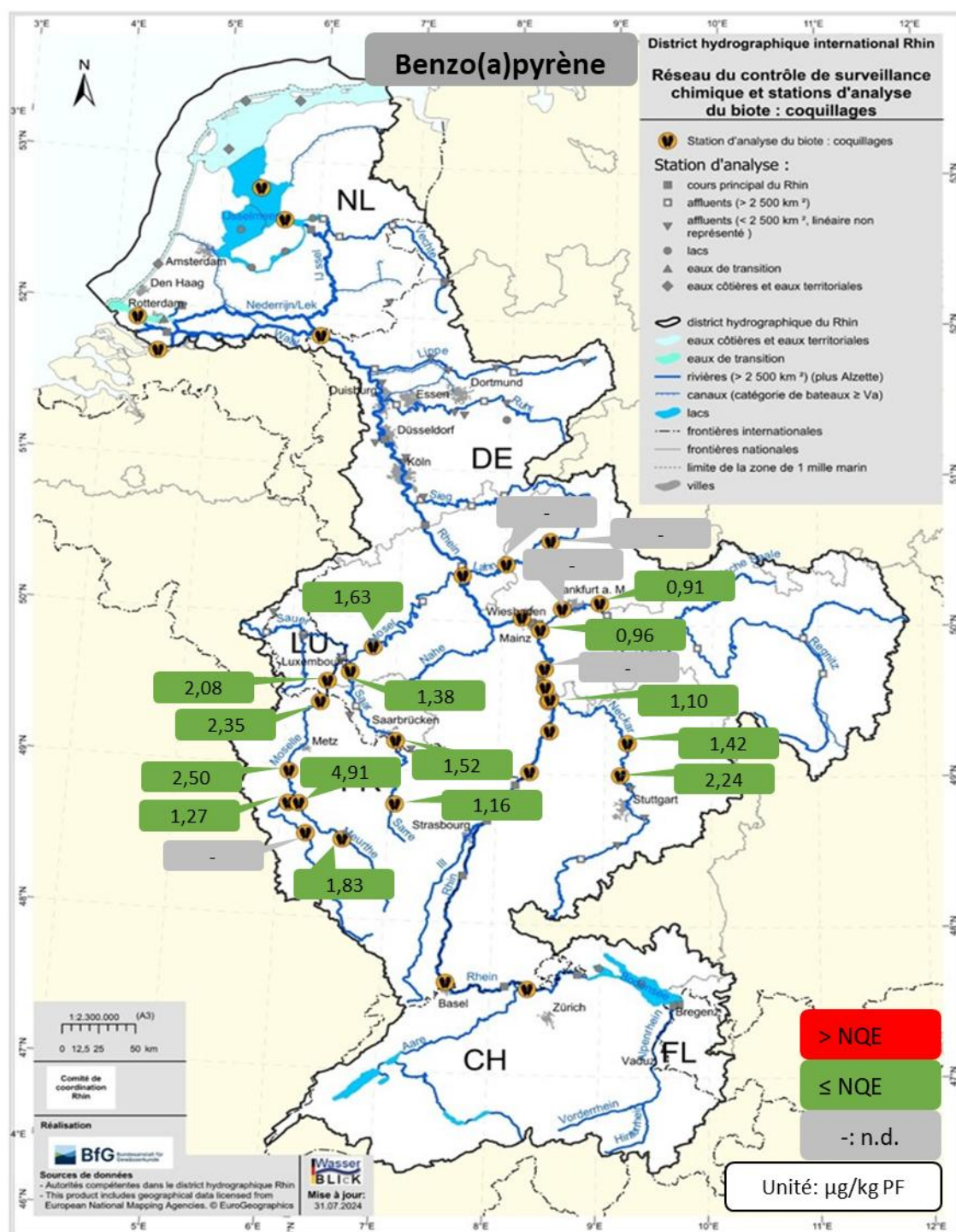
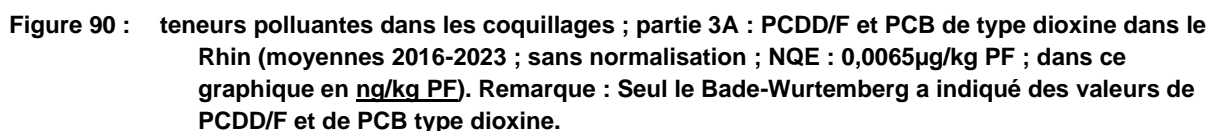


Figure 89 : teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2B : benzo(a)pyrène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 5 $\mu\text{g/kg PF}$).



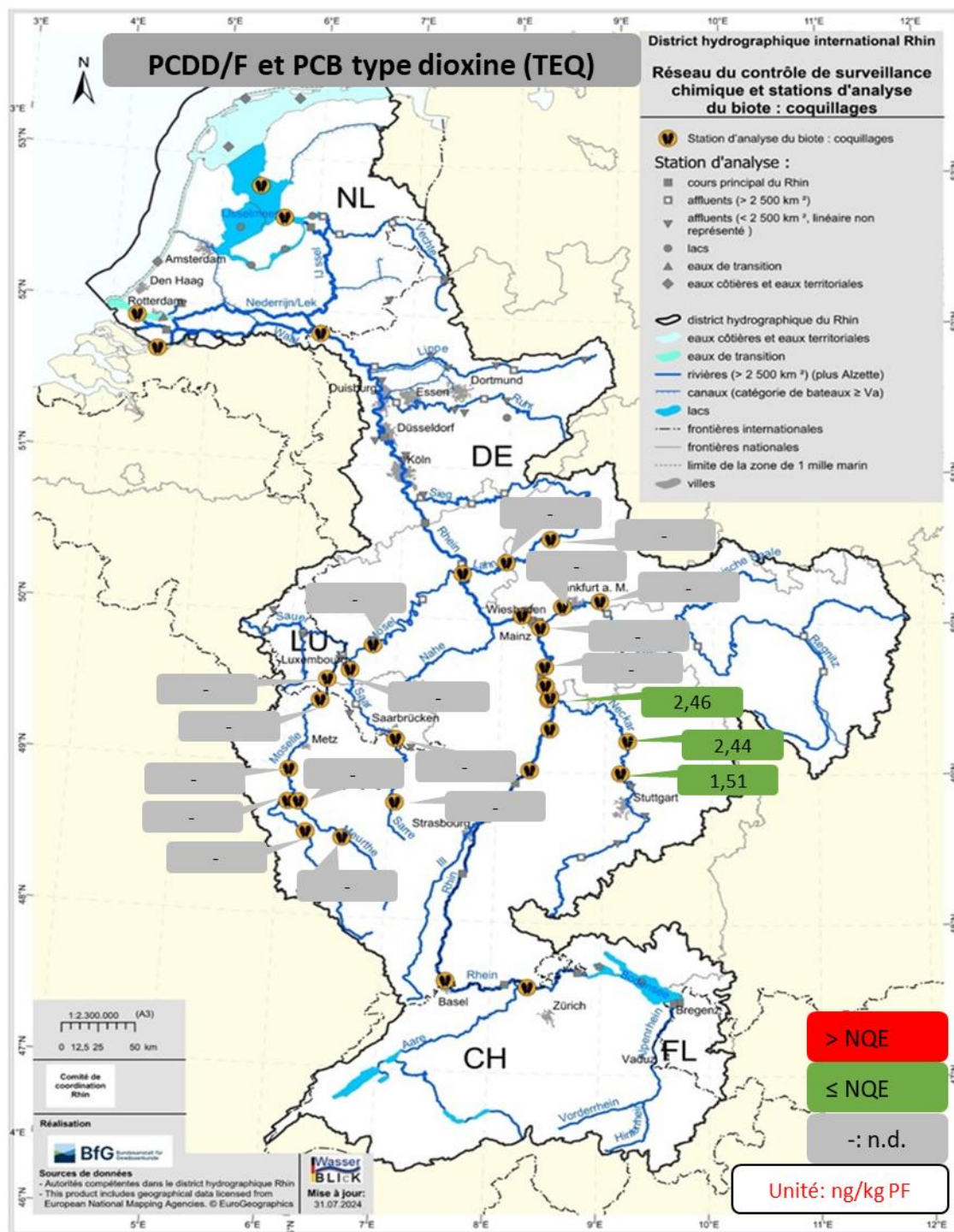
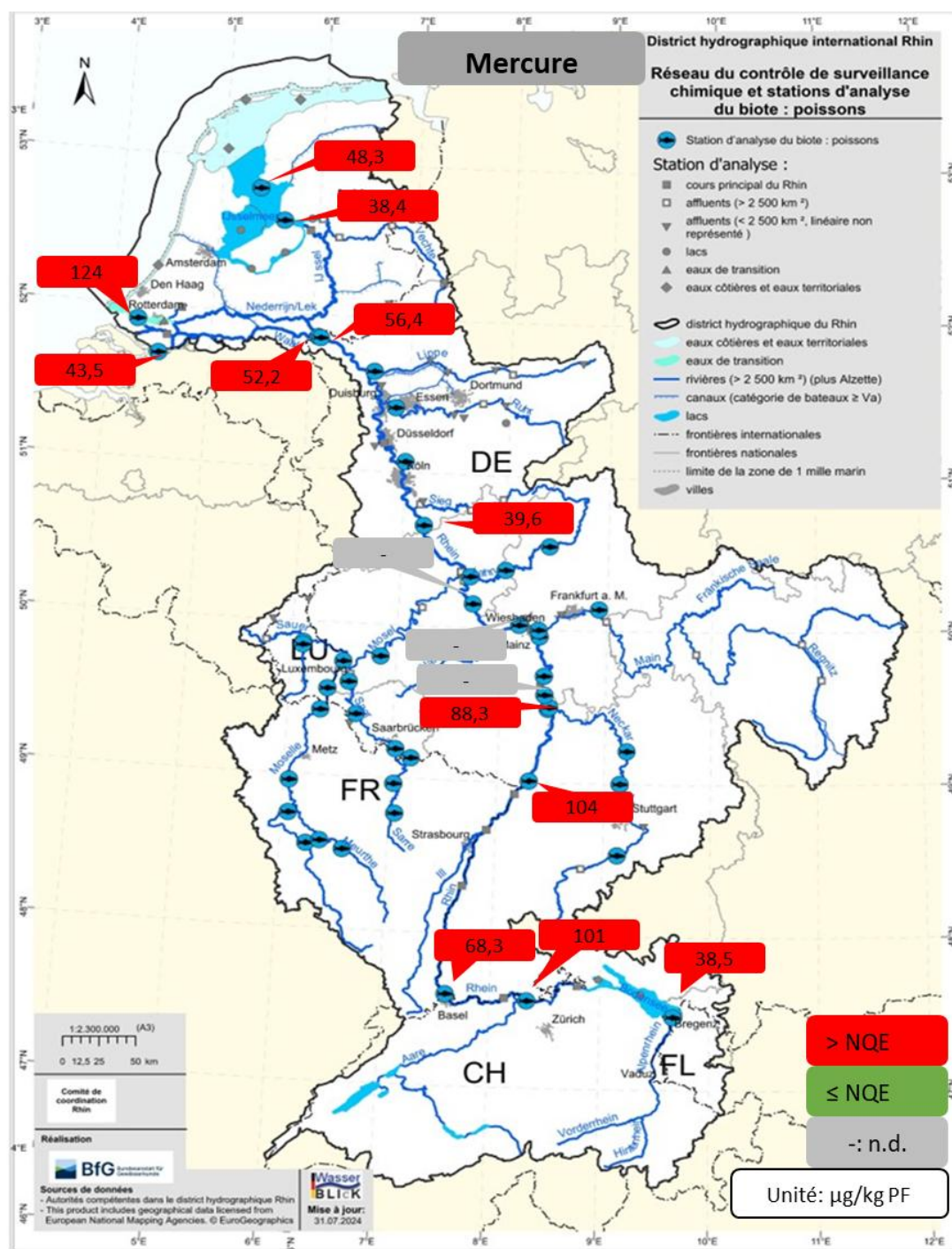
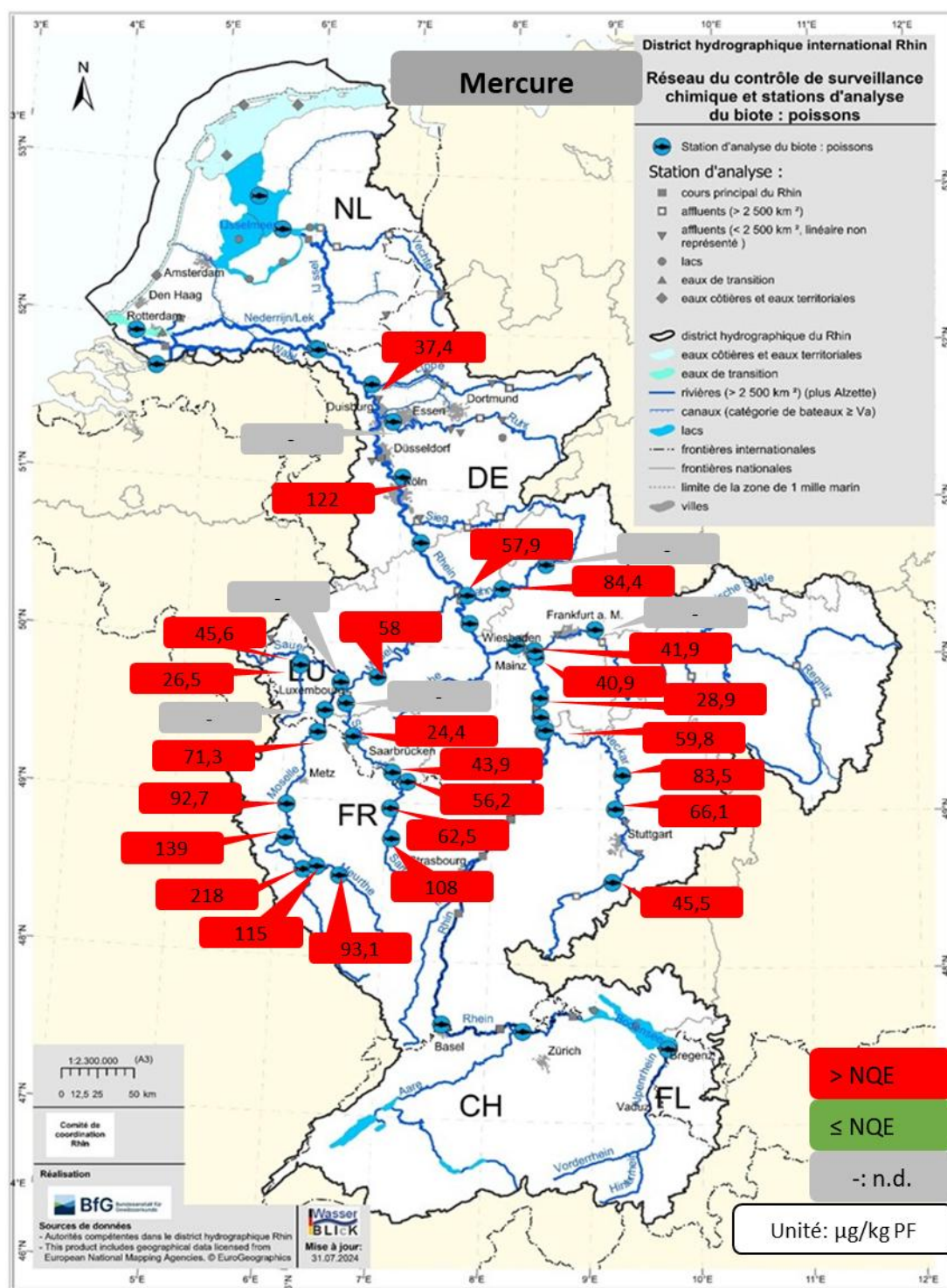


Figure 91 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3B : PCDD/F et PCB de type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; sans normalisation ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.

A.3 Figures complémentaires : Cartes de pressions avec normalisations





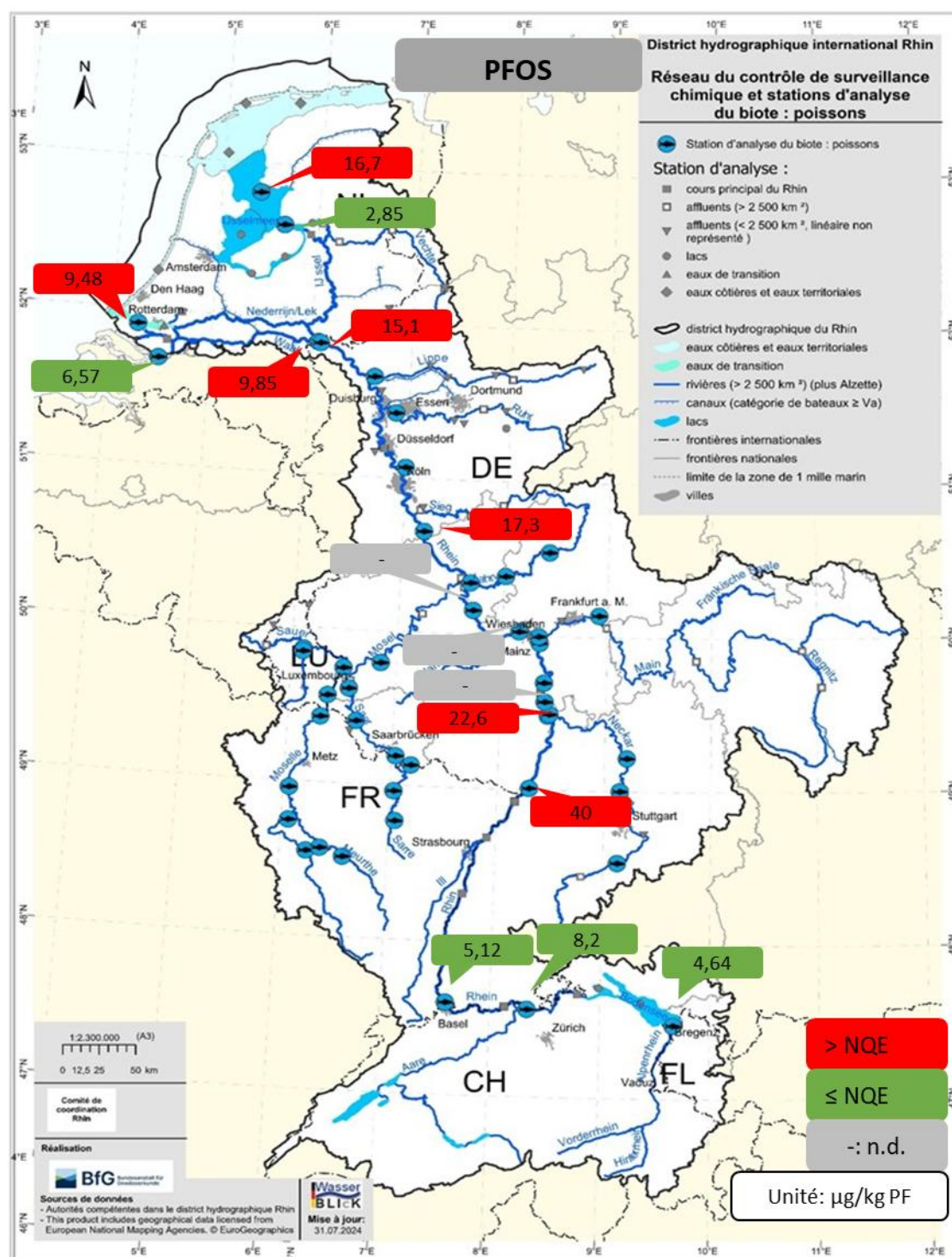
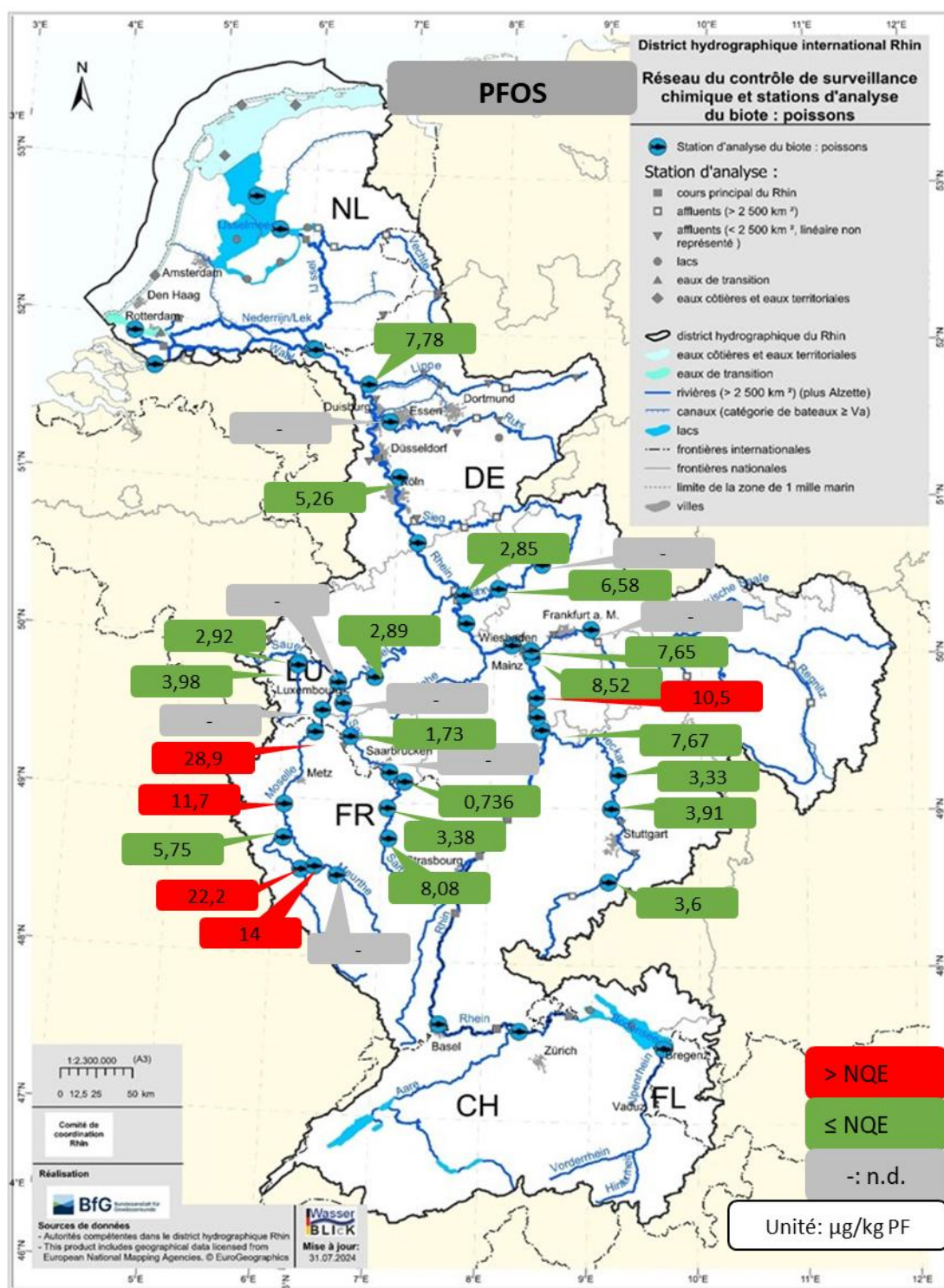
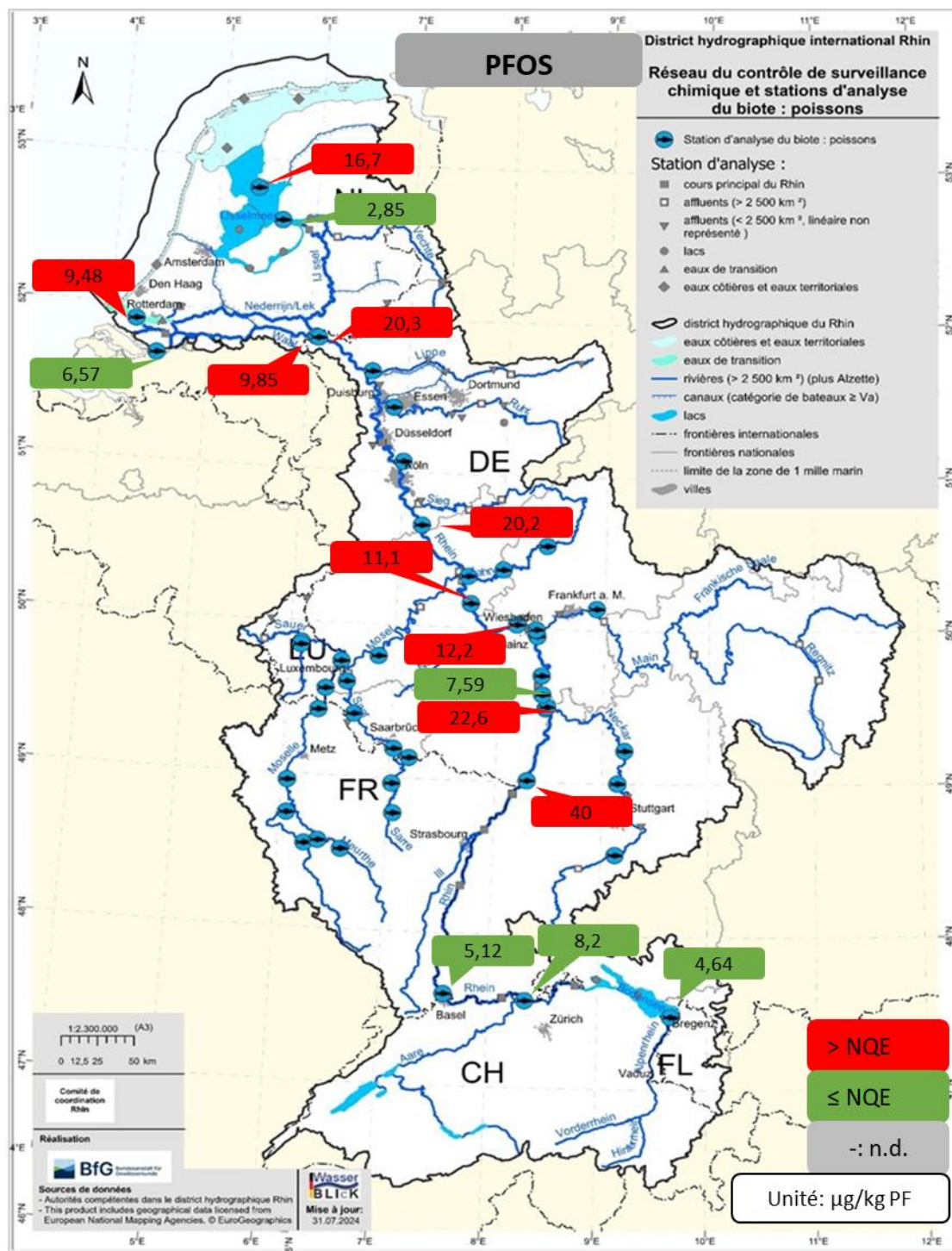


Figure 94 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2A : PFOS dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TMS y compris TMS de substitution ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).





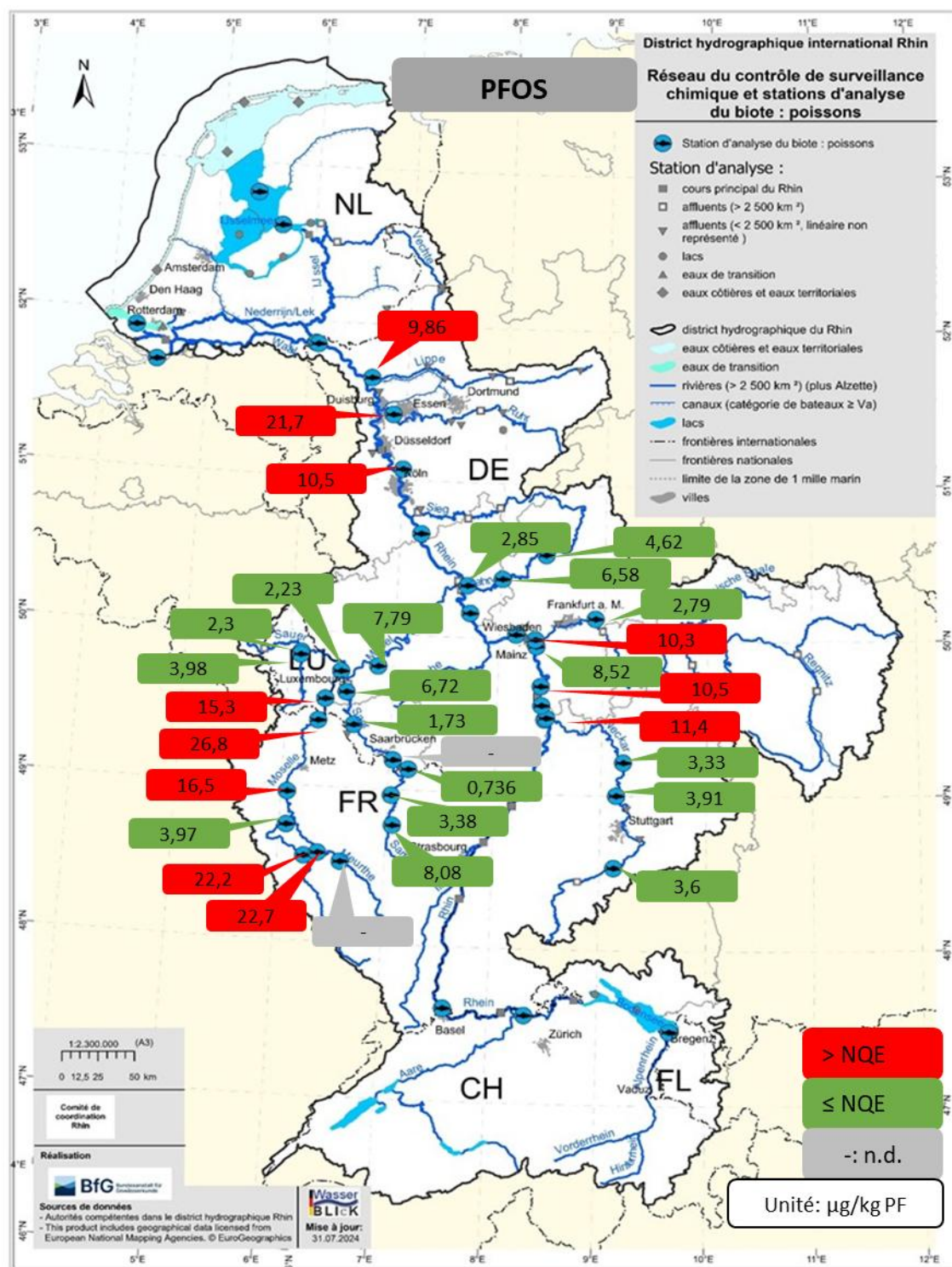


Figure 97 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 2d : PFOS dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL y compris TMS de substitution ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 9,1 µg/kg PF).

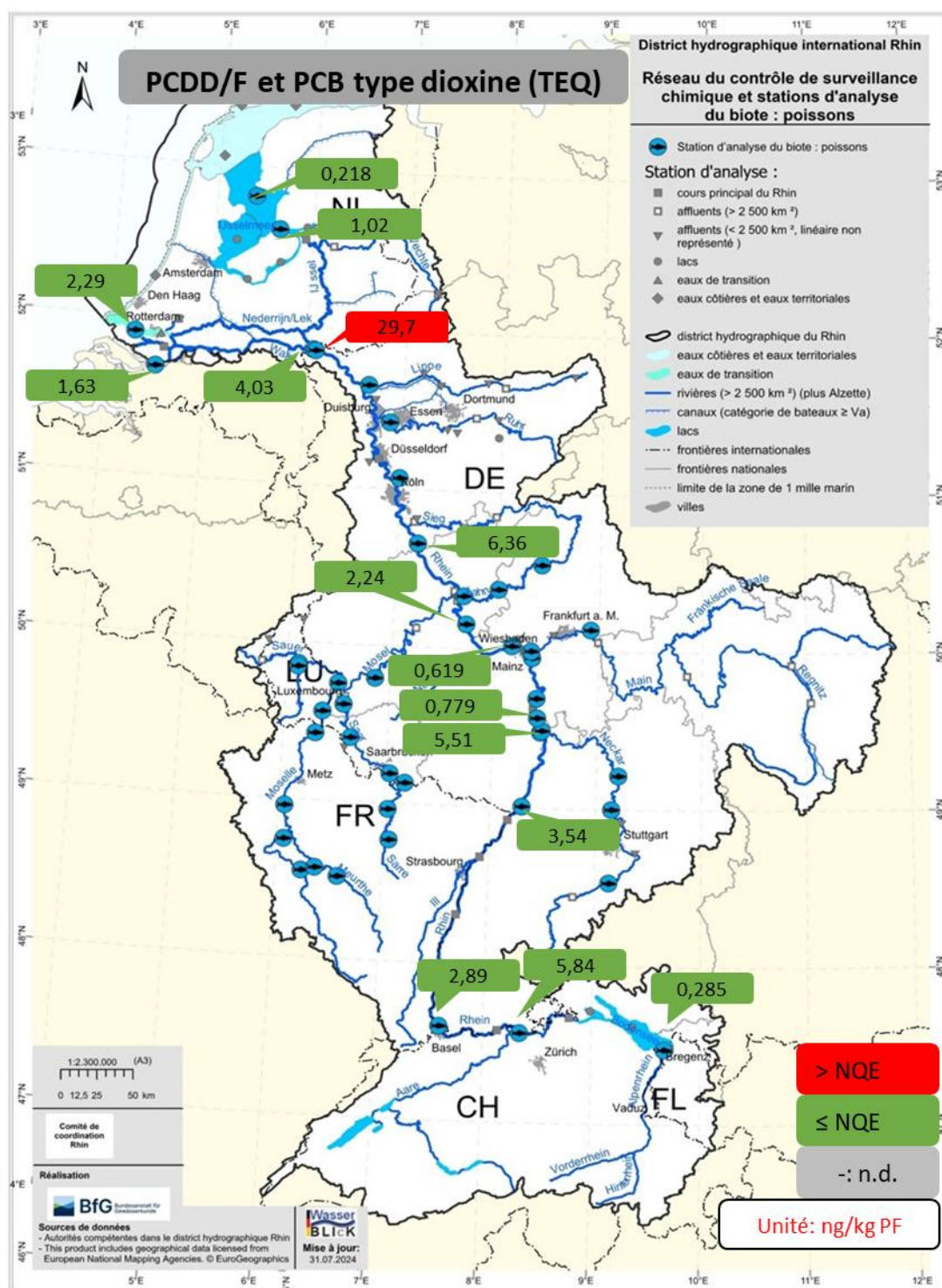


Figure 98 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3A : PCDD/F + PCB type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).

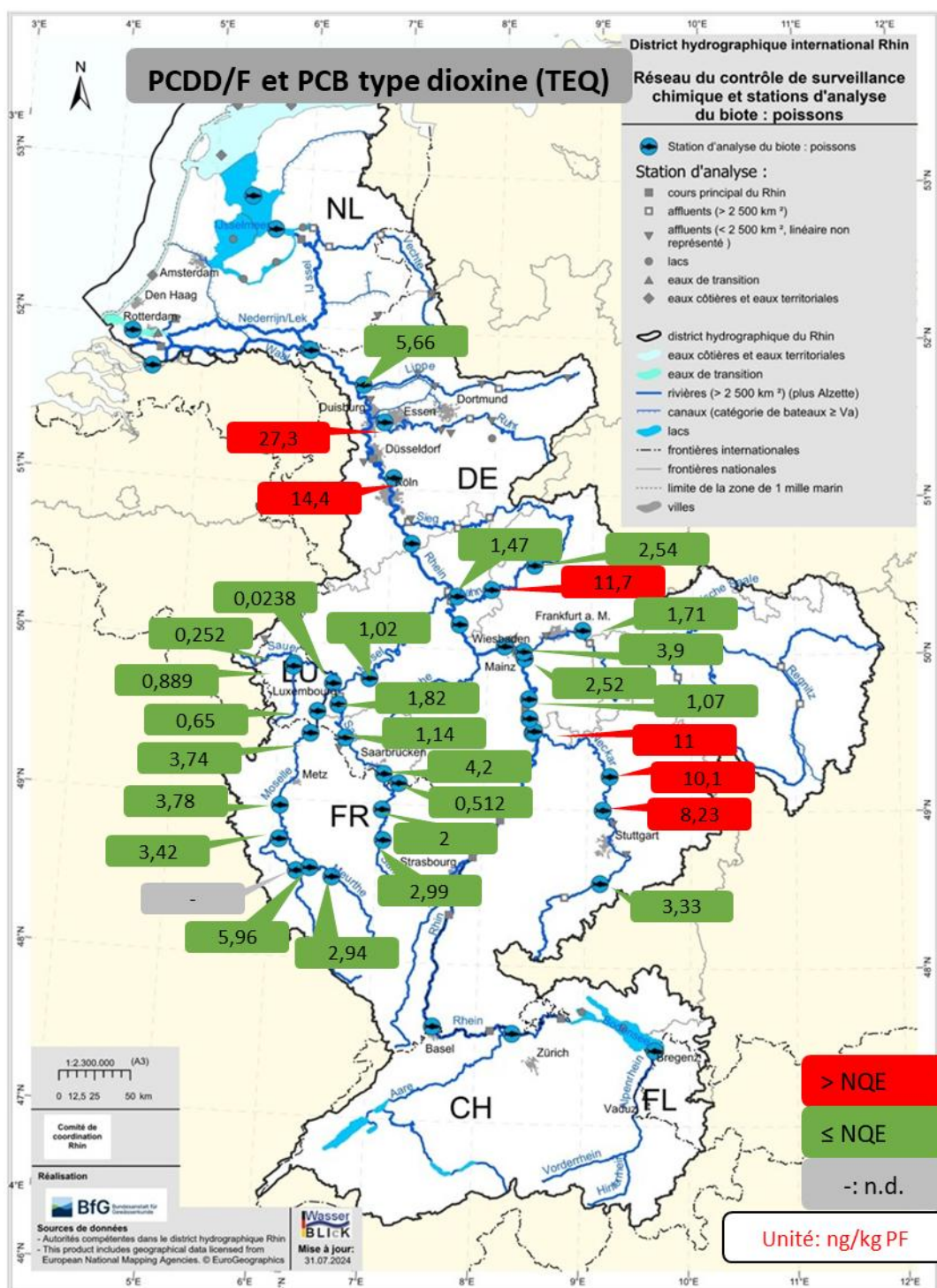


Figure 99 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 3B : PCDD/F + PCB type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 0,0065 µg/kg PF ; données dans ce graphique en ng/kg PF).

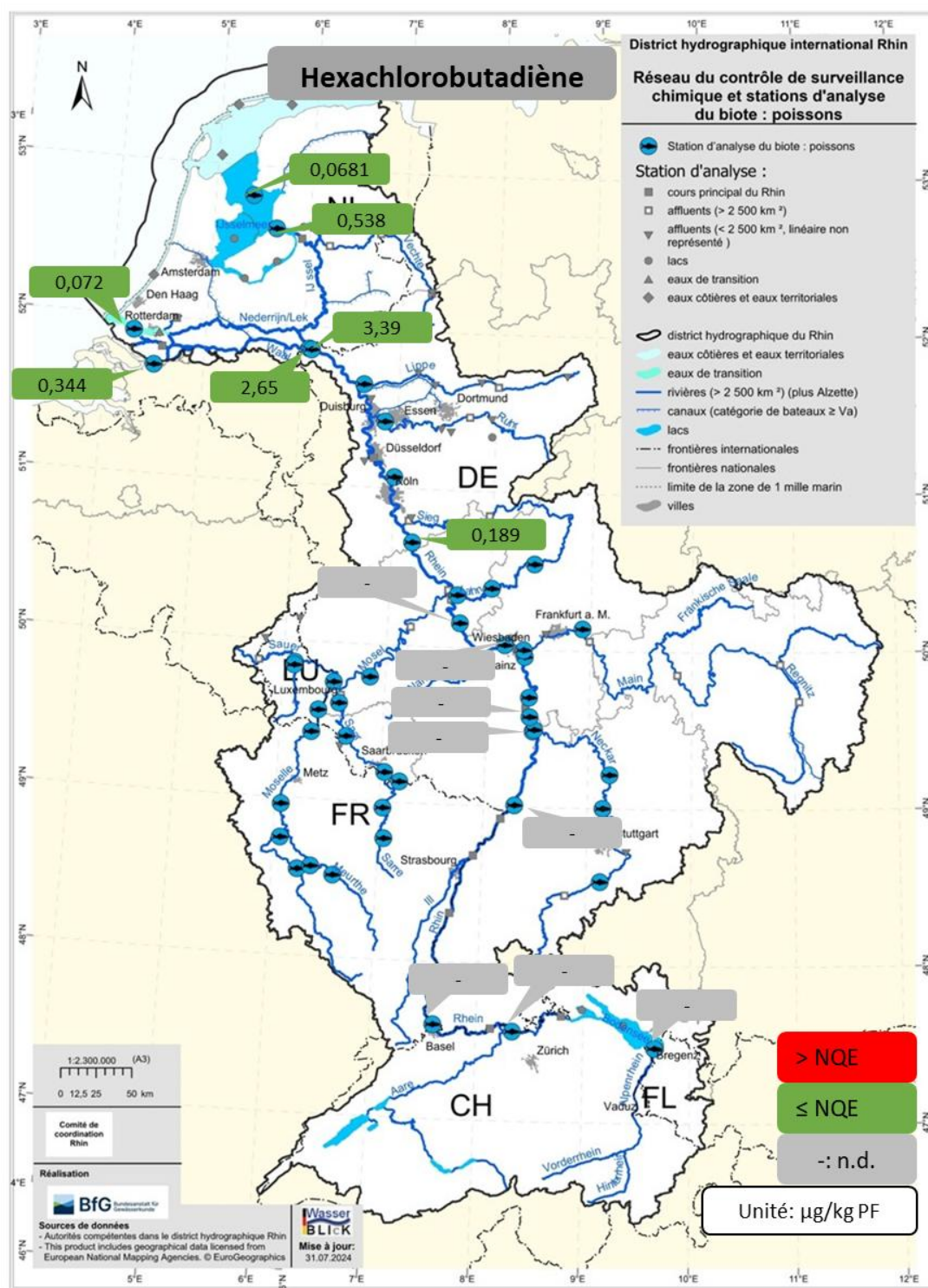


Figure 100 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4A : hexachlorobutadiène dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF).

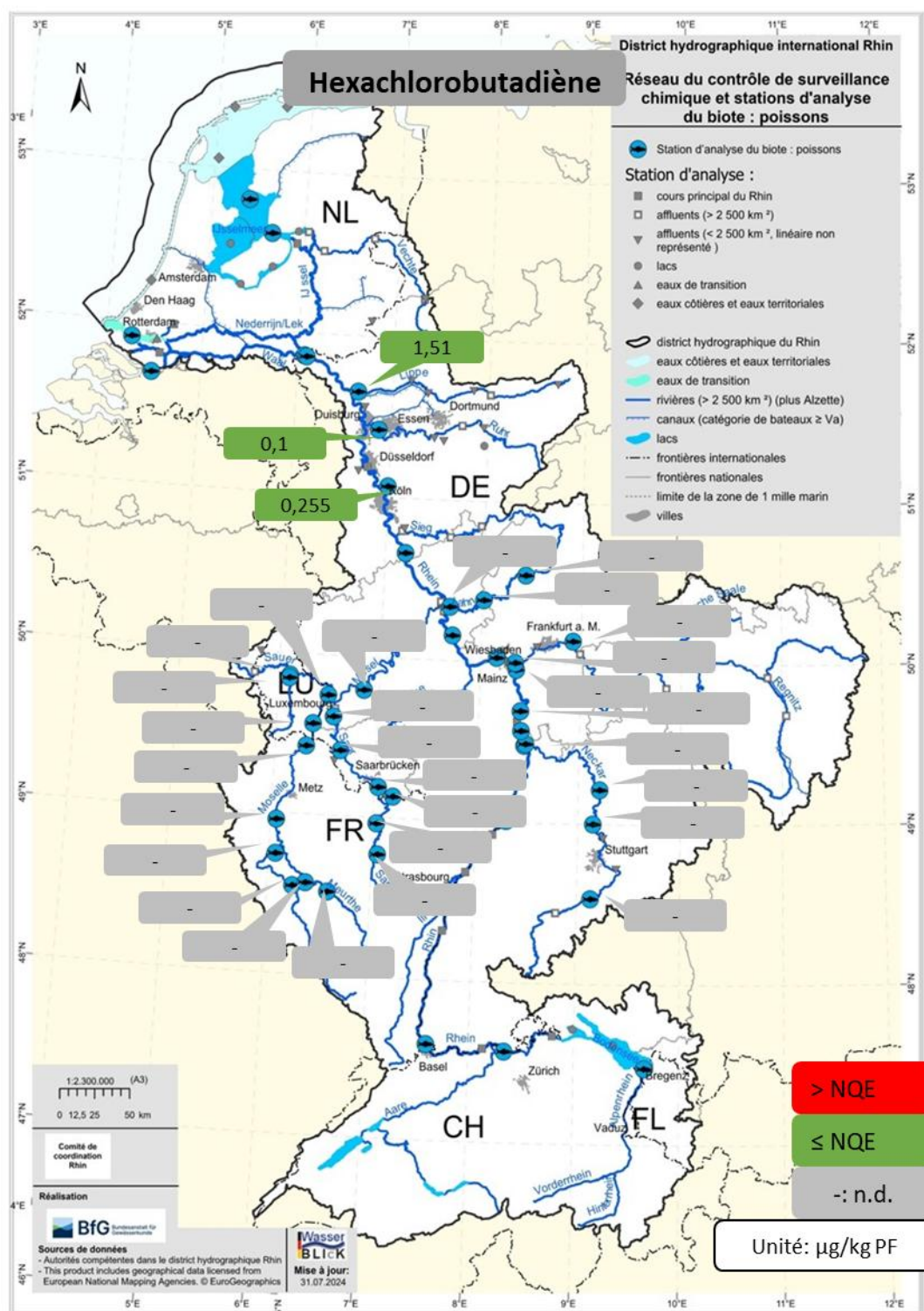


Figure 101 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 4B : hexachlorobutadiène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 55 µg/kg PF).

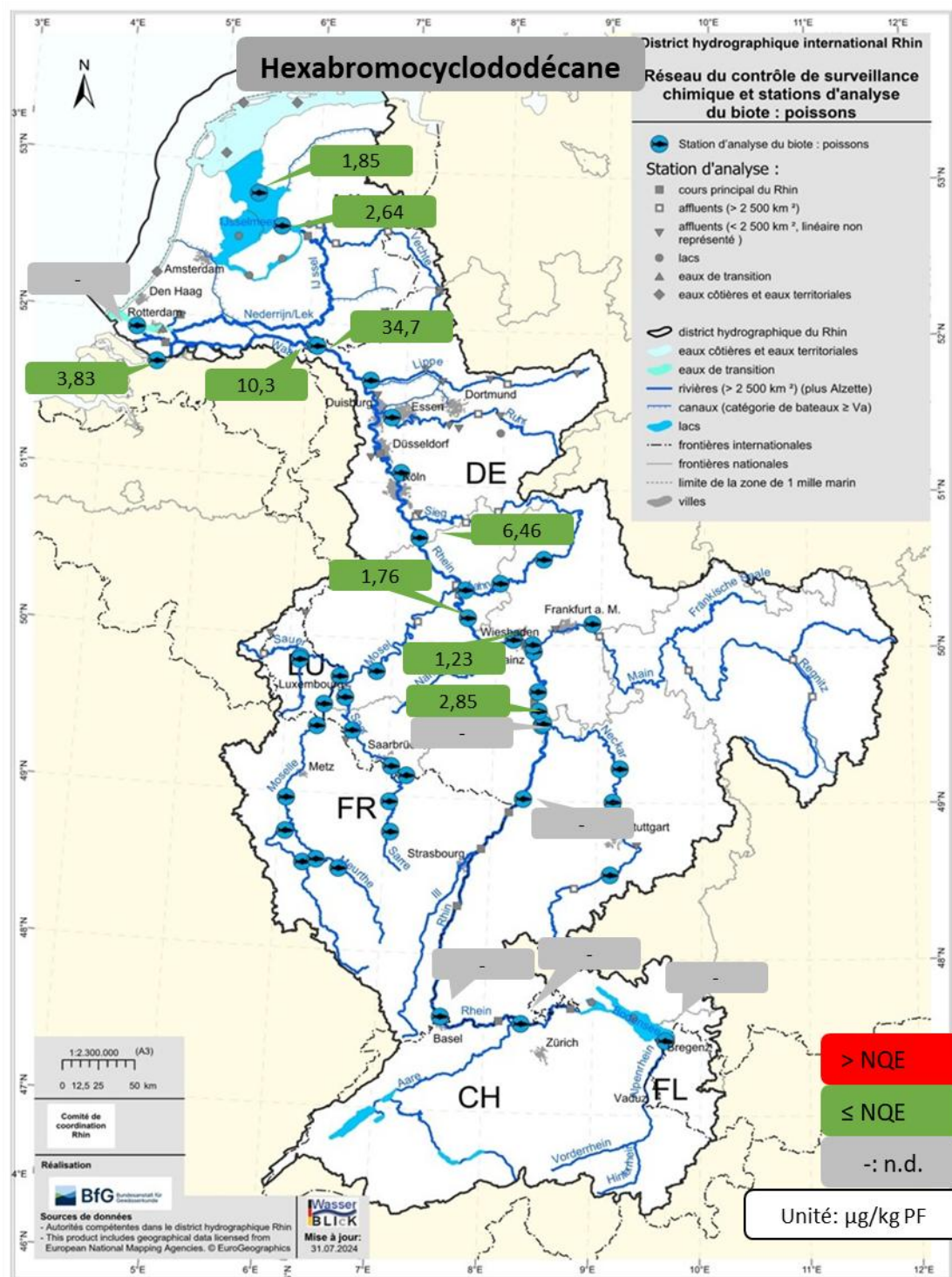


Figure 102 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5A : hexabromocyclododécane dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF).

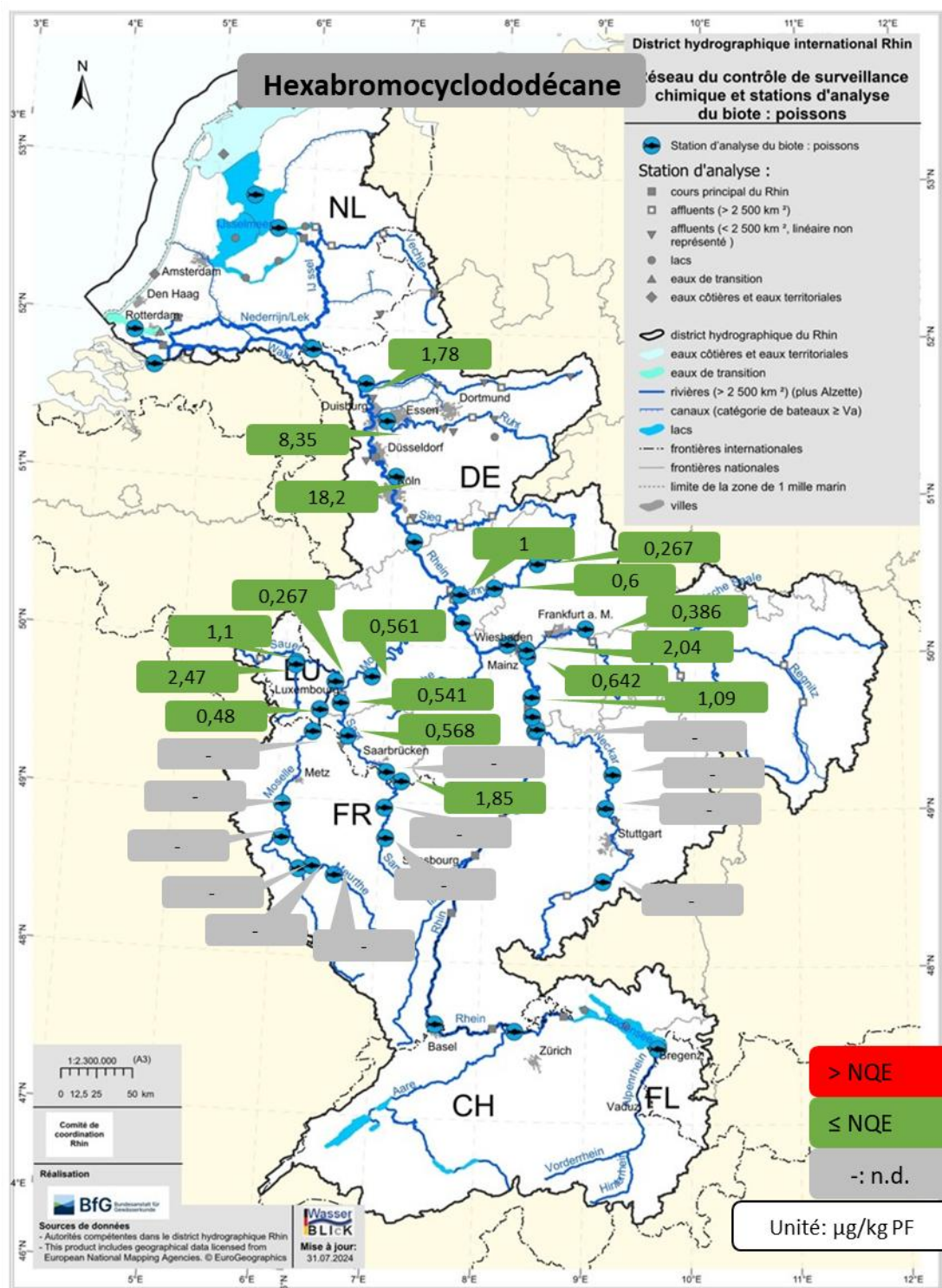


Figure 103 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 5B : hexabromocyclododécane dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 167 µg/kg PF).

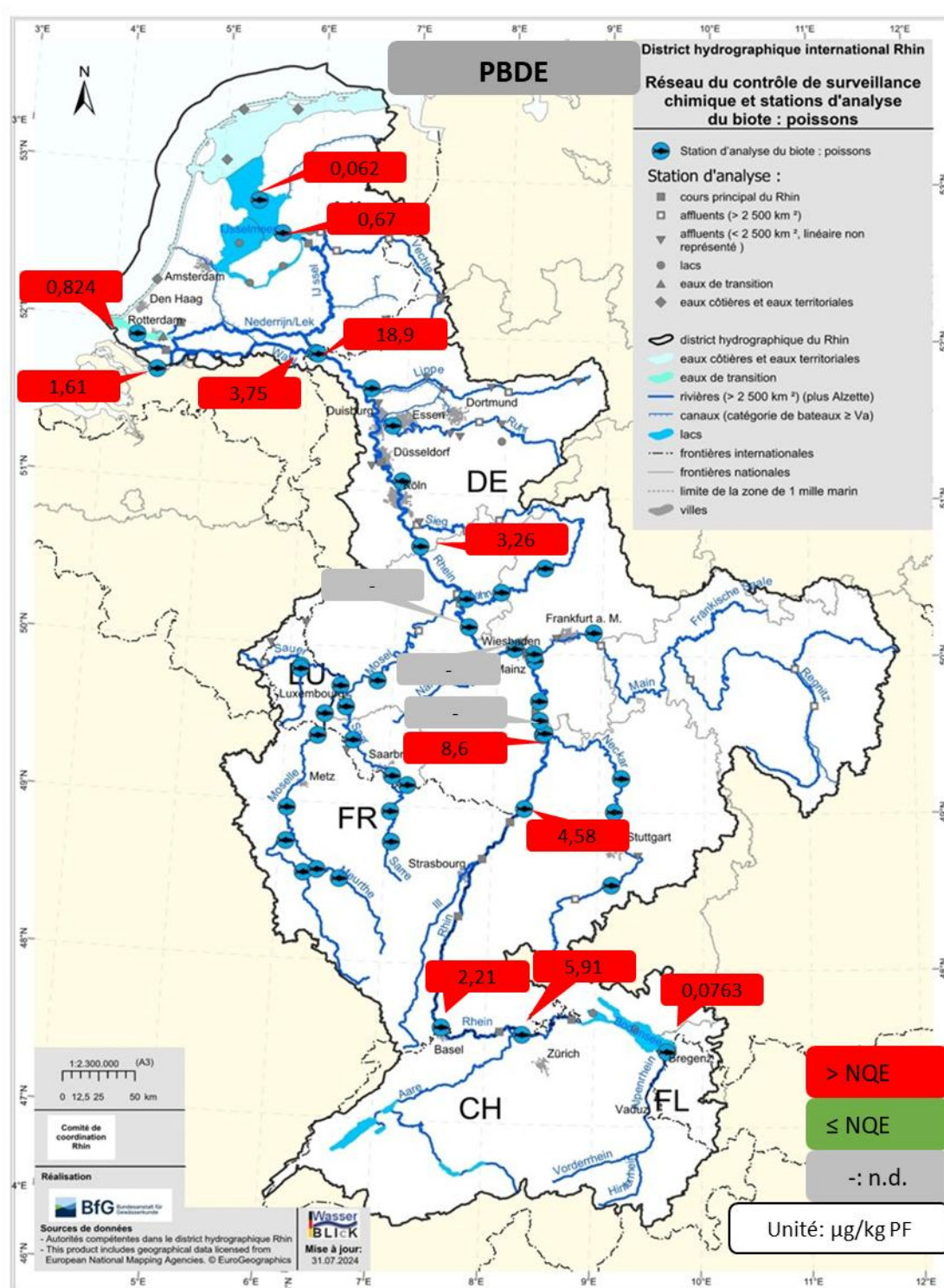


Figure 104 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6A : PBDE selon la DCE dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet ; uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF).

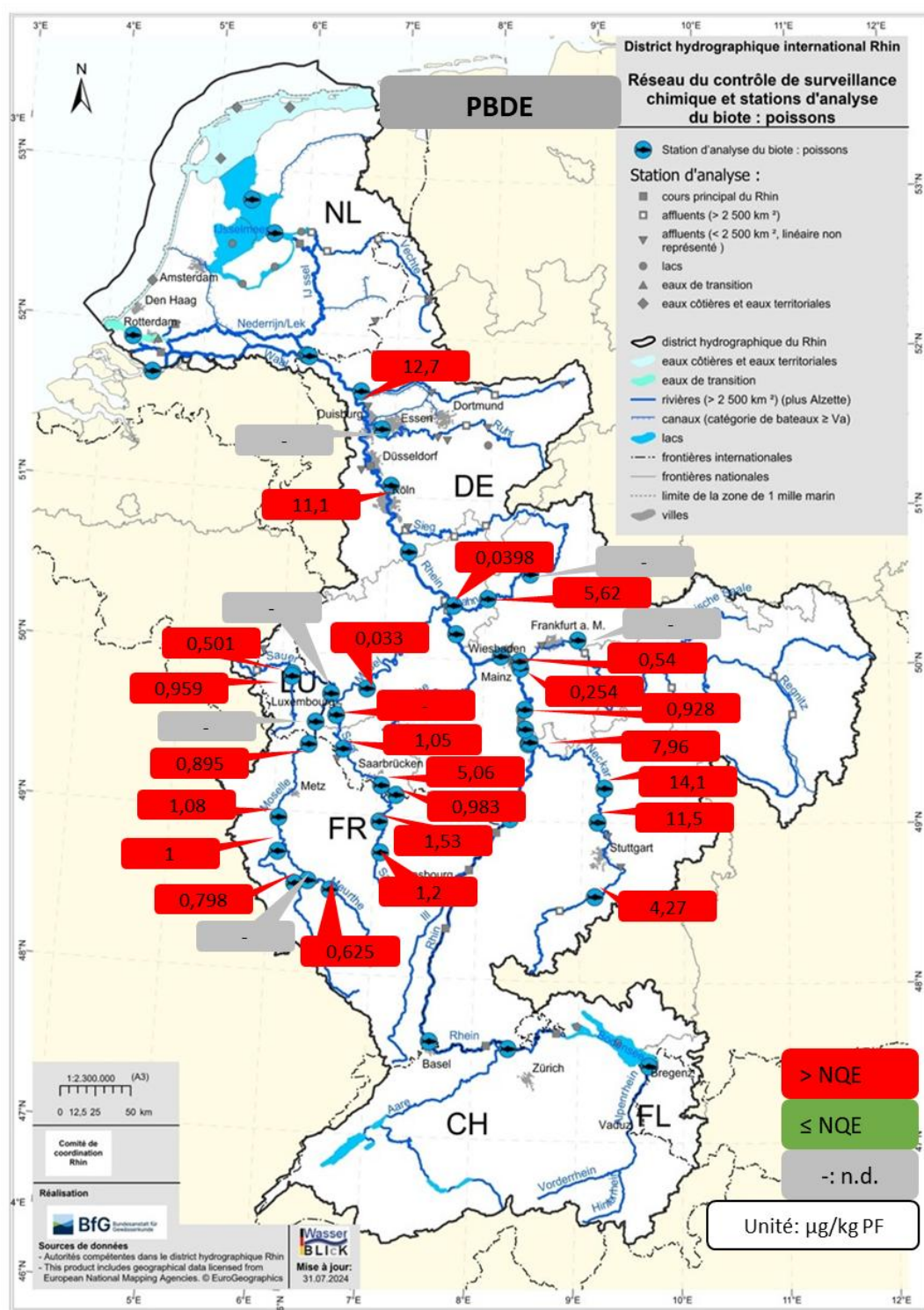
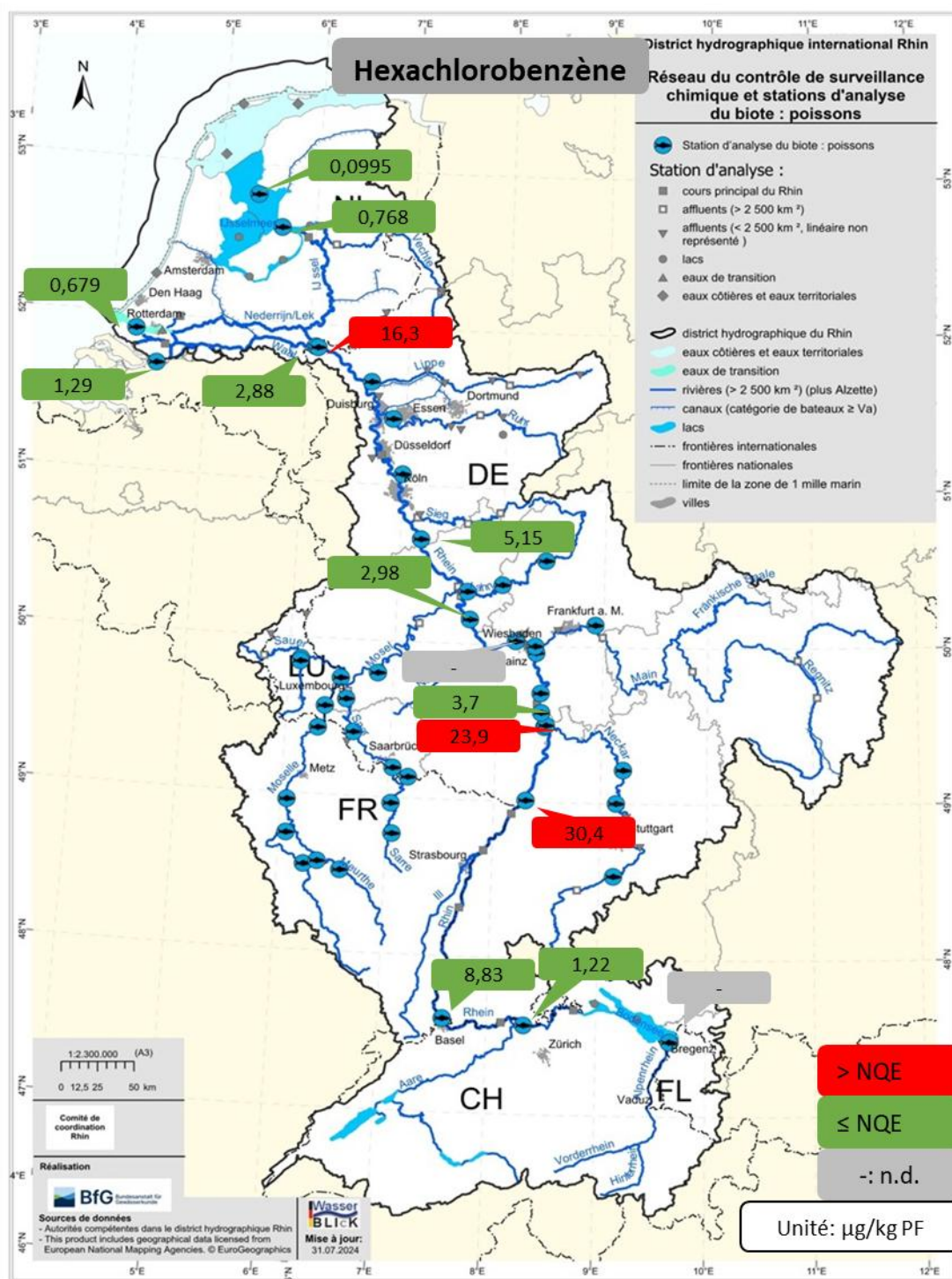


Figure 105 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 6B : PBDE selon la DCE dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, uniquement omnivores ; NQE : 0,0085 µg/kg PF).



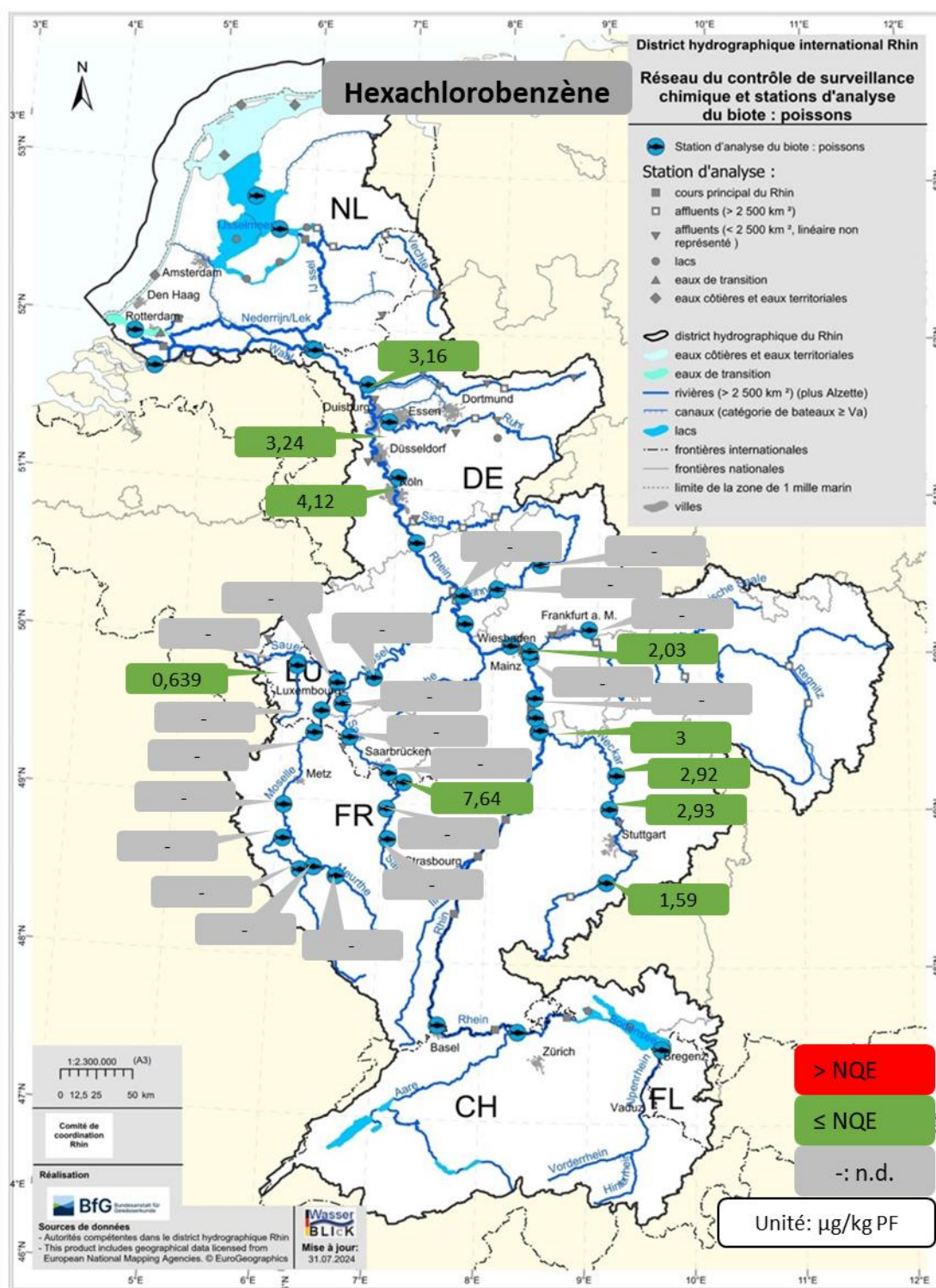


Figure 107 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 7B : hexachlorobenzène dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL ; conversion au filet, omnivores et carnivores ; NQE : 10 µg/kg PF).

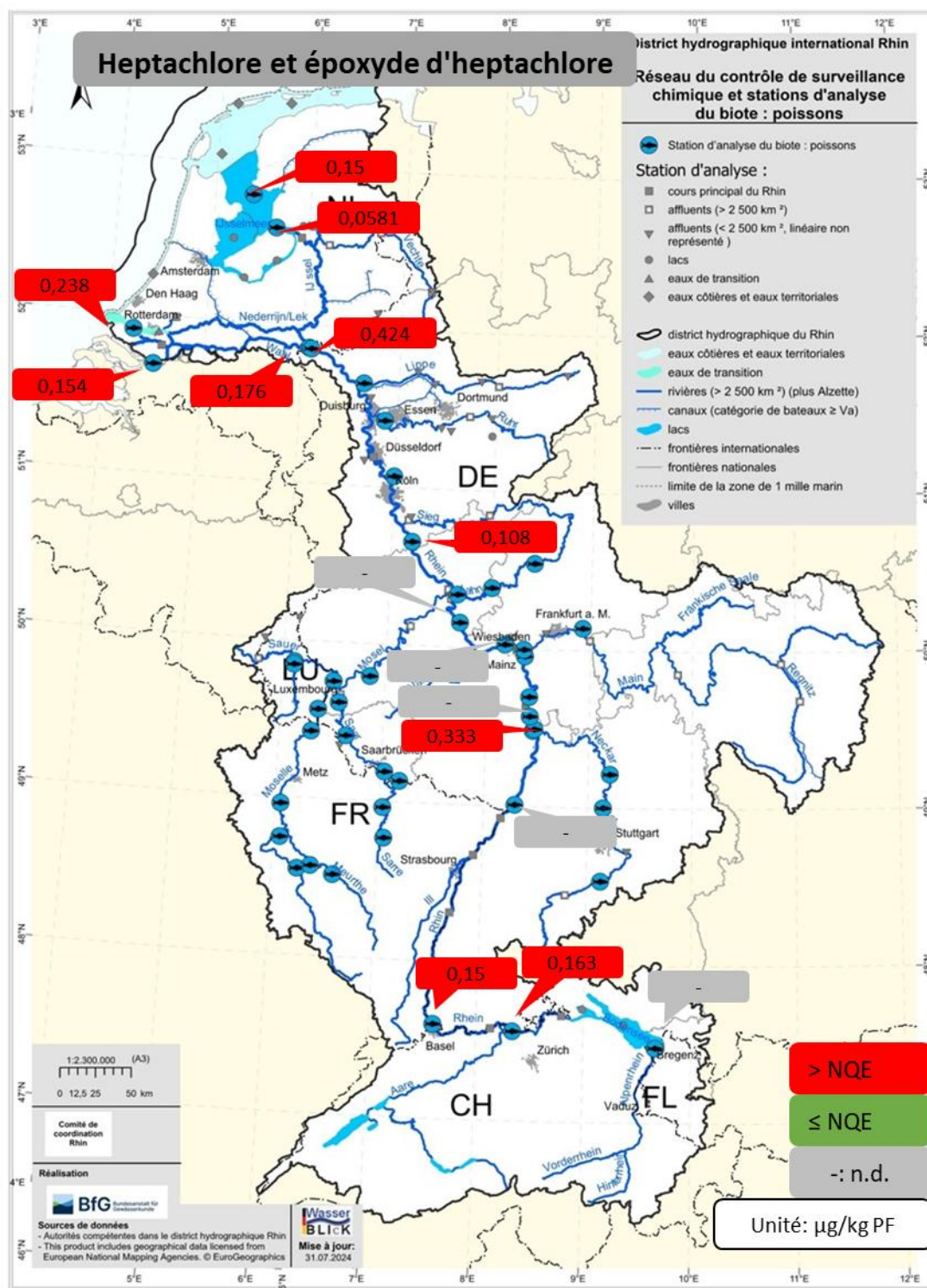


Figure 108 : teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9A : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans le Rhin (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF).

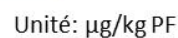


Figure 109 : Teneurs polluantes dans les poissons ; partie 9B : heptachlore et époxyde d'heptachlore dans les affluents (moyennes 2016-2022 ; normalisation au TL, filet et poisson entier ; omnivores et carnivores ; NQE : 0,0067 µg/kg PF).

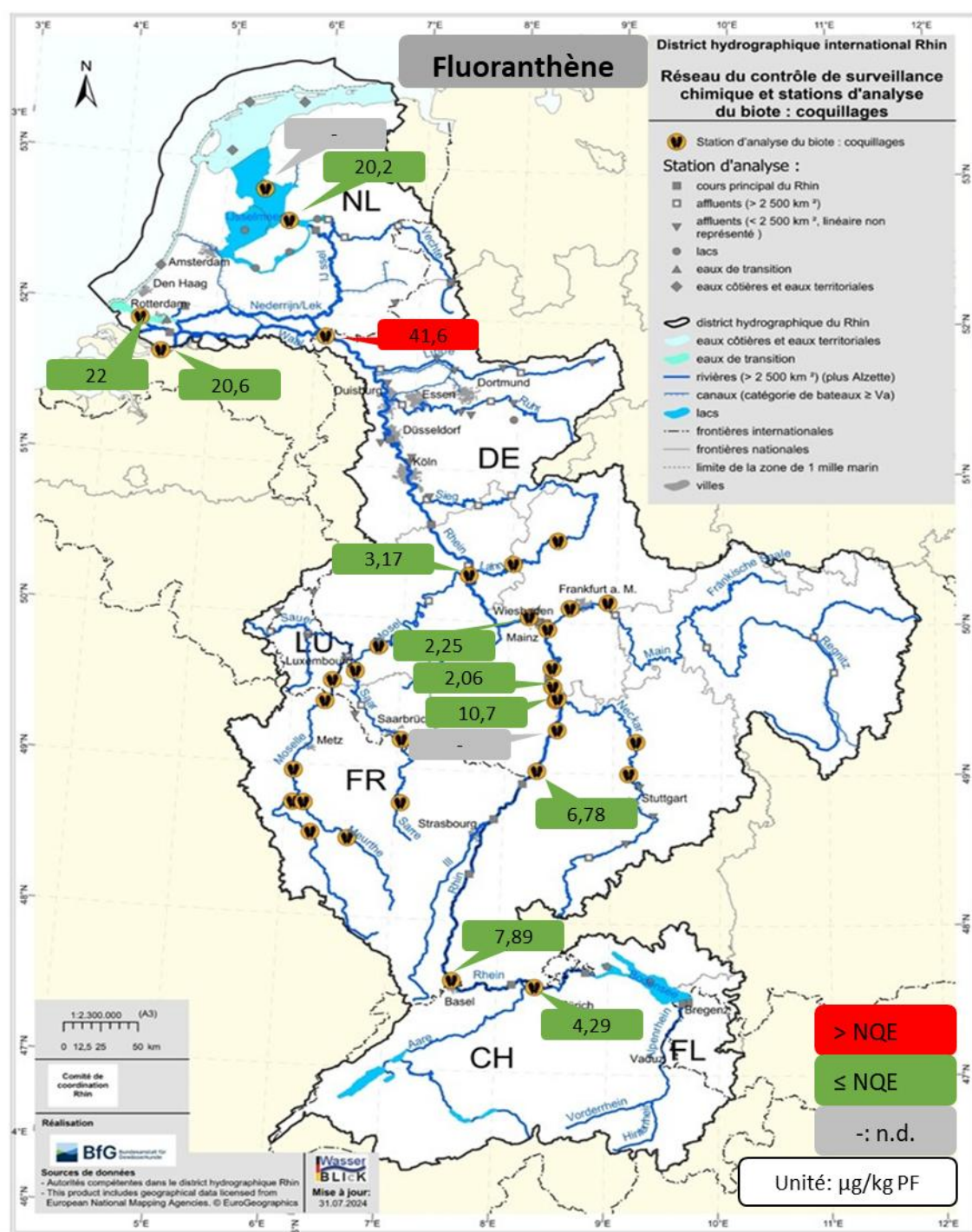


Figure 110 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1A : fluoranthène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 30 µg/kg PF).

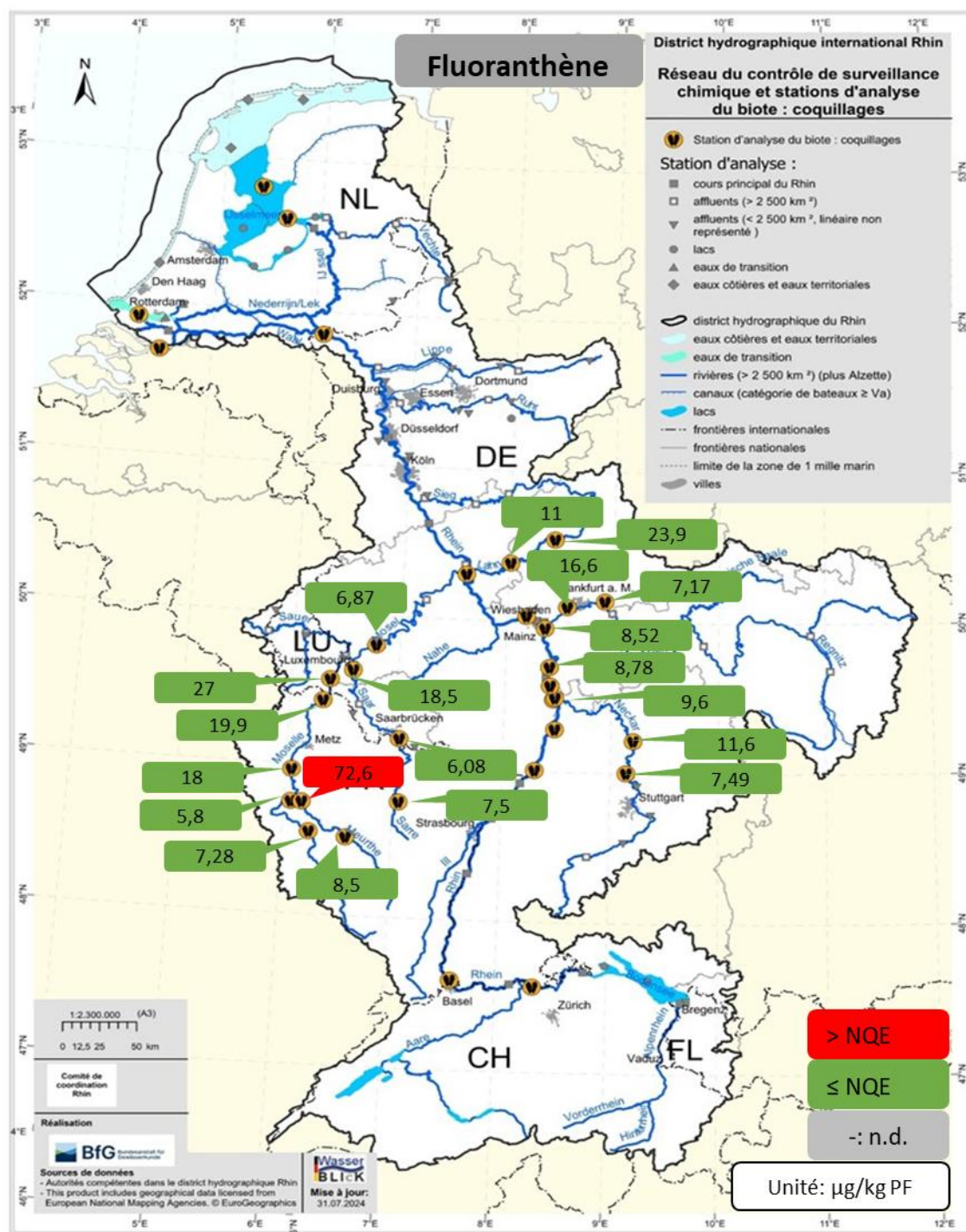


Figure 111 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 1B : fluoranthène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 30 µg/kg PF).

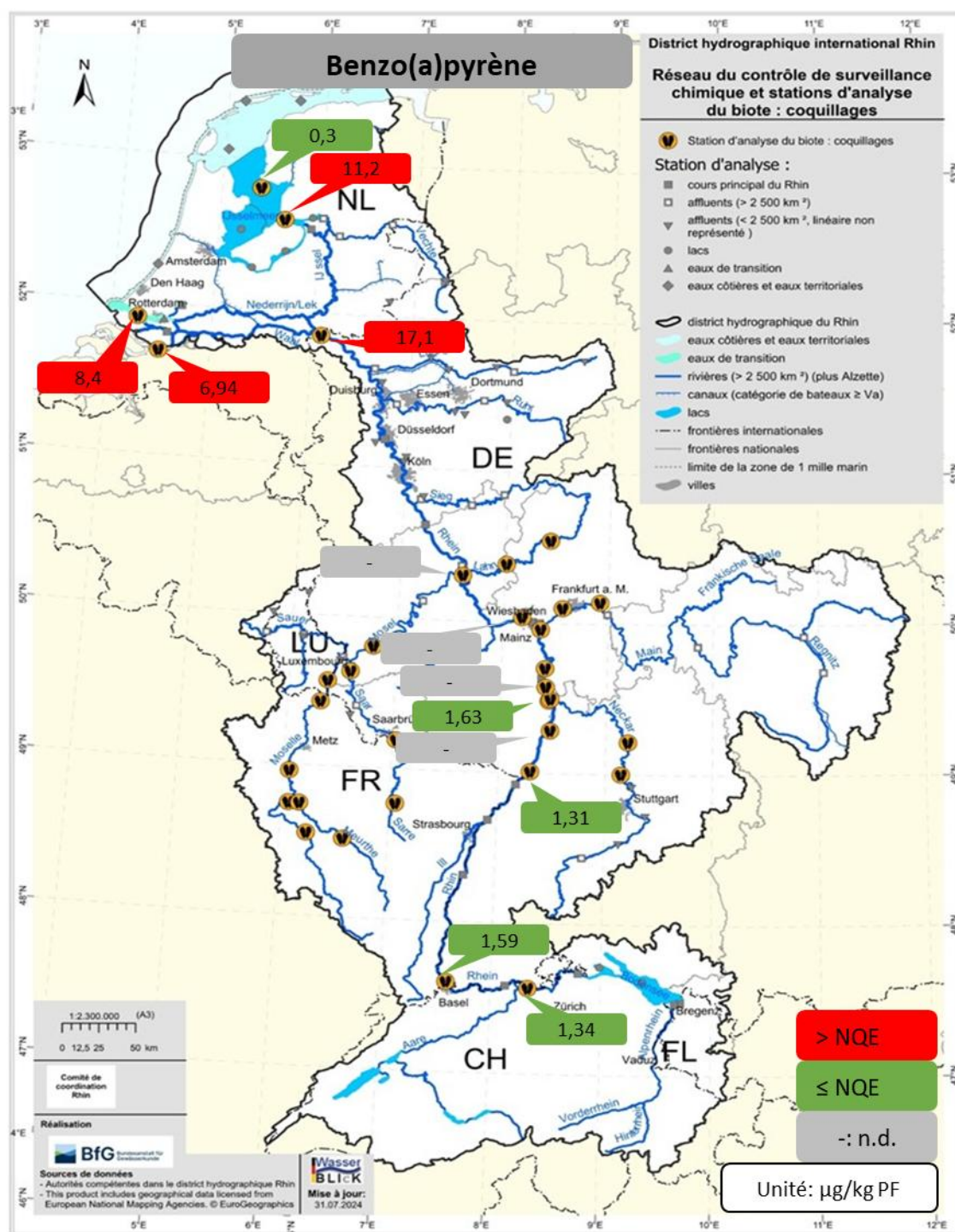


Figure 112 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2A : benzo(a)pyrène dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 5 µg/kg PF).

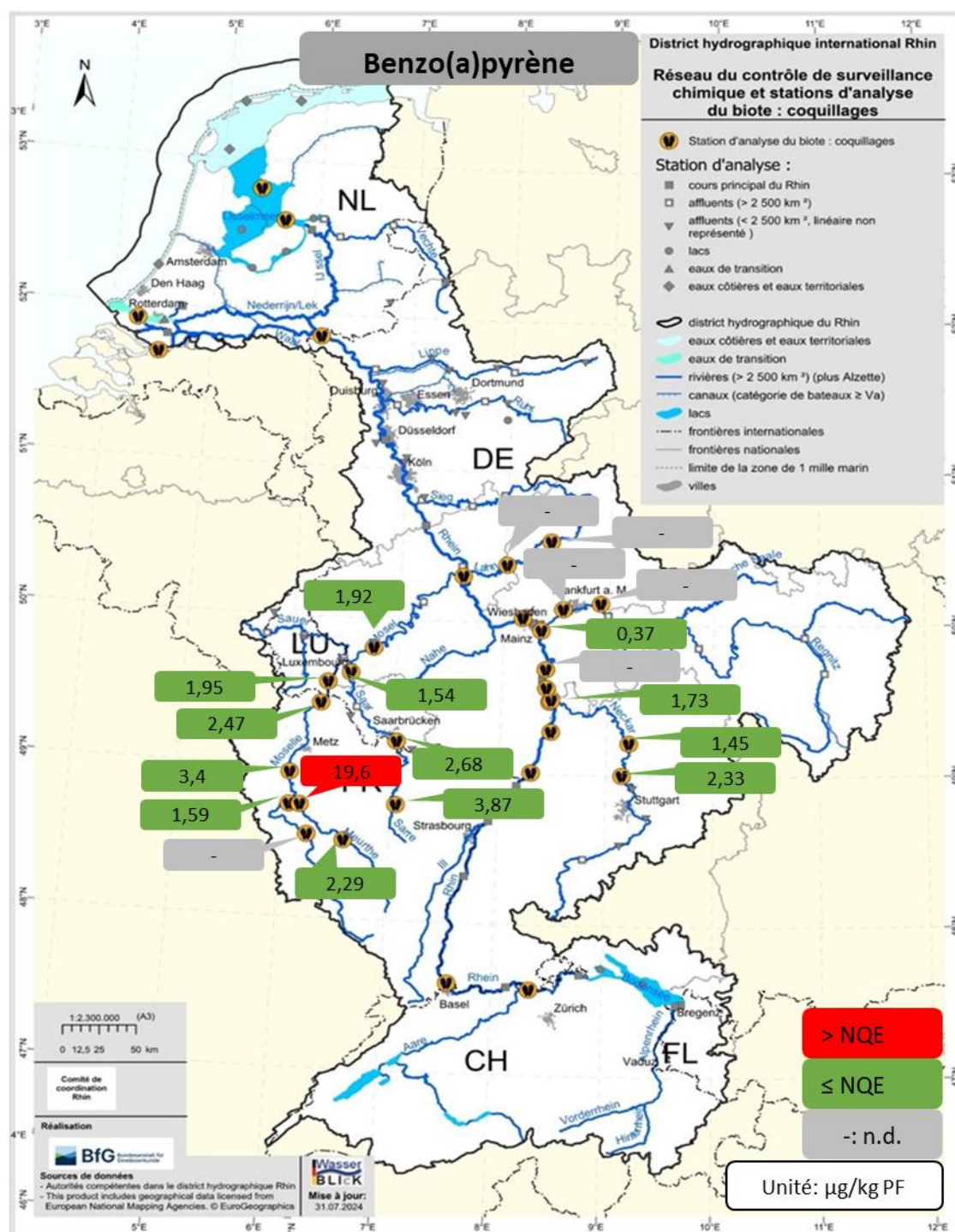


Figure 113 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 2B : benzo(a)pyrène dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 5 µg/kg PF).

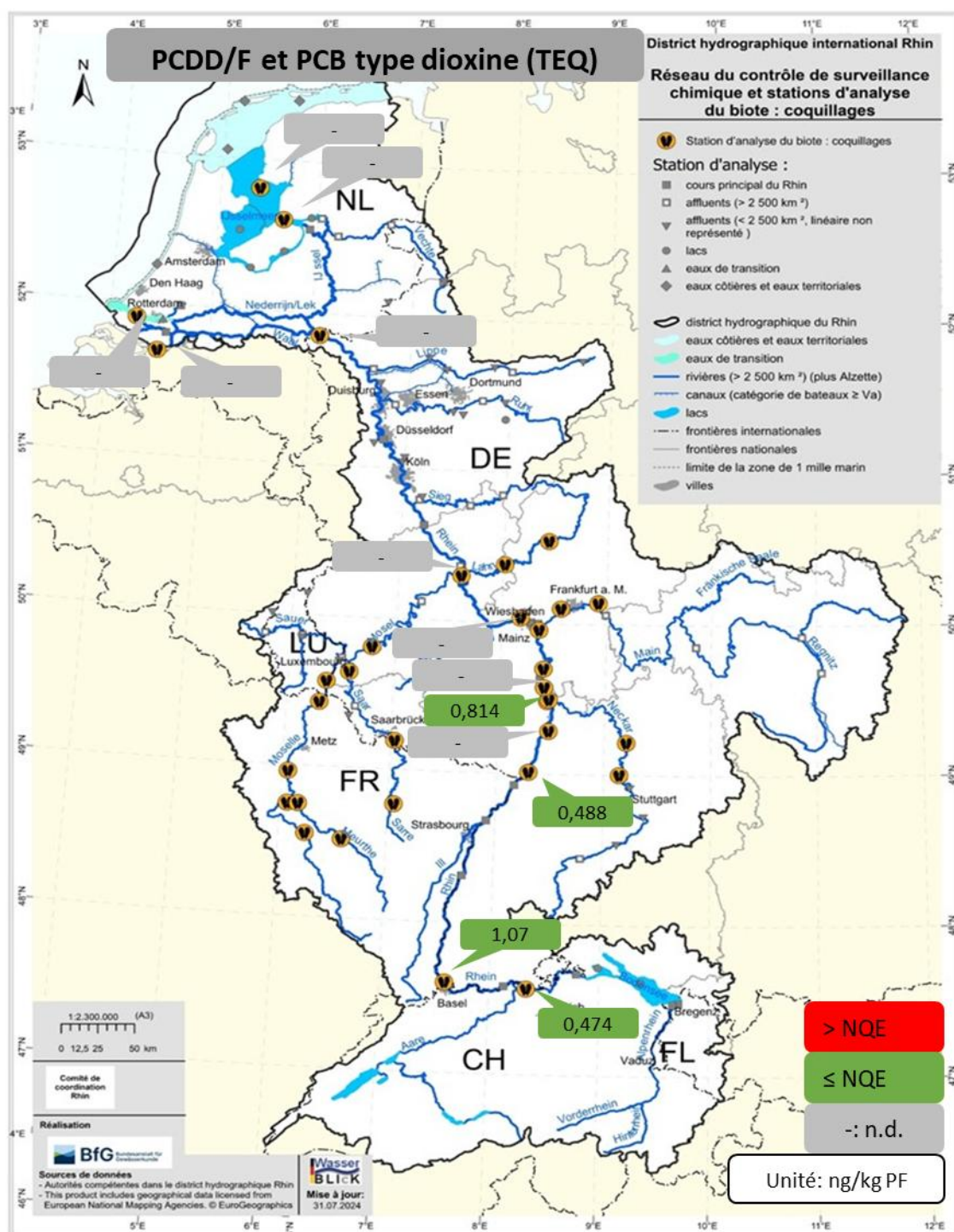


Figure 114 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3A : PCDD/F et PCB de type dioxine dans le Rhin (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.

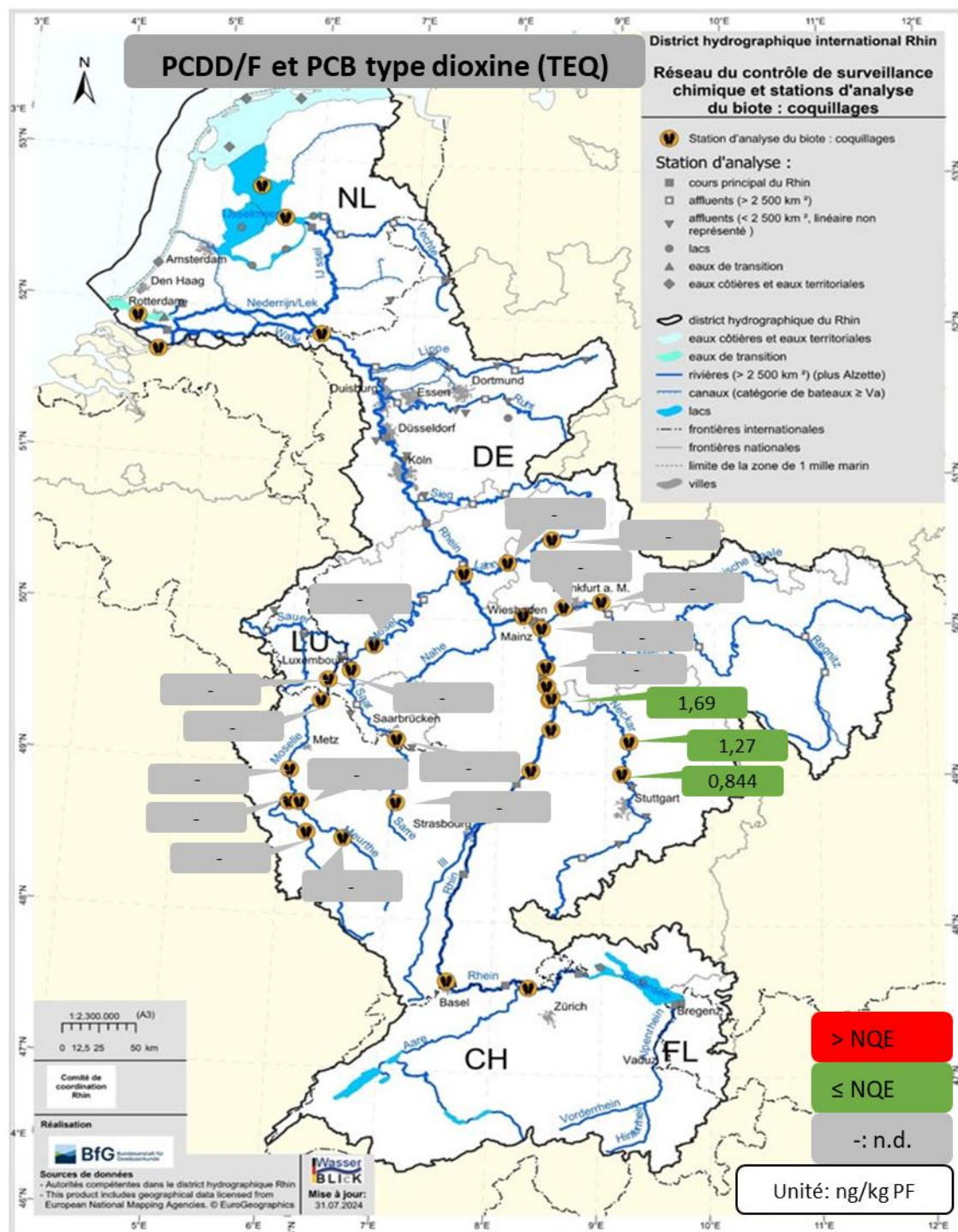


Figure 115 : Teneurs polluantes dans les coquillages ; partie 3B : PCDD/F et PCB de type dioxine dans les affluents (moyennes 2016-2023 ; normalisation au TL ; NQE : 0,0065µg/kg PF ; dans ce graphique en ng/kg PF). Remarque : Seul le Bade-Wurtemberg a indiqué des valeurs de PCDD/F et de PCB type dioxine.

A.4 Tableaux complémentaires

Tableau 22 : Vue d'ensemble du jeu d'échantillons de poissons avec données biométriques (toutes les données après uniformisation et nettoyage, valeurs en partie arrondies).

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|------------------------|---------------------|--------|
| Alzette | Ettelbrück | 2015 | Gardon | 9 | 21,7 | 154 | | Filet | Échantillon composite | | |
| Alzette | Ettelbrück | 2015 | Chevesne | 10 | 21,5 | 132 | | Filet | Échantillon composite | | |
| Sûre | Erpeldange | 2015 | Chevesne | 6 | 21,2 | 136 | | Filet | Échantillon composite | | |
| Alzette | Ettelbrück | 2016 | Chevesne | 10 | 23 | 167 | 3-4 | Filet | Échantillon composite | 3,1 | |
| Sûre | Erpeldange | 2016 | Chevesne | 10 | 23 | 160 | 3-4 | Filet | Échantillon composite | 1,1 | |
| Alzette | Ettelbrück | 2018 | Chevesne | 10 | 21,6 | 122 | 2 | Filet | Échantillon composite | 2,7 | |
| Alzette | Ettelbrück | 2019 | Vandoise | 10 | 21,1 | 136 | 2-3 | Filet | Échantillon composite | 1,9 | |
| Sûre | Erpeldange | 2020 | Chevesne | 28 | 24,7 | 176 | 2-3 | Filet | Échantillon composite | 1,7 | |
| Alzette | Ettelbrück | 2020 | Chevesne | 10 | 21,2 | 149 | 4-6 | Filet | Échantillon composite | 2,3 | |
| Sûre | Erpeldange | 2021 | Chevesne | 1 | 26 | 365 | 5-6 | Poisson entier | Échantillon instantané | 4,1 | |
| Alzette | Ettelbrück | 2021 | Chevesne | 10 | 24 | 195 | 3-4 | Filet | Échantillon composite | | |
| Sûre | Erpeldange | 2022 | Truite fario | 10 | 20 | 113 | 3-4 | Filet | Échantillon composite | 3 | |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 192/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Alzette | Ettelbrück | 2022 | Chevesne | 10 | 23,7 | 174 | 3-4 | Filet | Échantillon composite | 1,5 | |
| Rhin | Reckingen | 2015 | Perche fluviatile | 12 | 21,6 | 122 | 4 | Filet | Échantillon composite | 0,8 | |
| Rhin | Weil | 2015 | Chevesne | 6 | 19,9 | 90,6 | 3-4 | Filet | Échantillon composite | 2,4 | |
| Rhin | Weil | 2015 | Gardon | 11 | 17,3 | 65,8 | 3-4 | Filet | Échantillon composite | 1,4 | |
| Rhin | Karlsruhe | 2015 | Perche fluviatile | 6 | 19,1 | 107 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,6 | |
| Rhin | Mannheim | 2015 | Gardon | 10 | 20,0 | 106 | 4+ | Filet | Échantillon composite | 1,2 | |
| Neckar | Kirchentellinsfurt | 2015 | Chevesne | 10 | 22,3 | 116 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,8 | |
| Neckar | Besigheim | 2015 | Chevesne | 12 | 21,7 | 103 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,3 | |
| Neckar | Besigheim | 2015 | Gardon | 14 | 19,2 | 87,2 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,6 | |
| Neckar | Kochendorf | 2015 | Chevesne | 14 | 20,6 | 91,6 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,8 | |
| Neckar | Mannheim | 2015 | Chevesne | 11 | 21,8 | 99 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,8 | |
| Neckar | Kochendorf | 2016 | Chevesne | 12 | 21,6 | 98,1 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,2 | |
| Neckar | Mannheim | 2016 | Perche fluviatile | 11 | 16,5 | 46,2 | 2 | Filet | Échantillon composite | 0,1 | |
| Rhin | Mannheim | 2016 | Gardon | 11 | 19,8 | 91,3 | 4+ | Filet | Échantillon composite | 0,3 | |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 193/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Rhin | Reckingen | 2016 | Chevesne | 10 | 22,1 | 128 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,5 | |
| Rhin | Weil | 2016 | Chevesne | 4 | 20,9 | 96,6 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,4 | |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 194/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Neckar | Kirchentellinsfurt | 2016 | Chevesne | 11 | 22,5 | 129 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1 | |
| Neckar | Besigheim | 2016 | Gardon | 12 | 21,3 | 115 | 5+ | Filet | Échantillon composite | 1,4 | |
| Neckar | Mannheim | 2017 | Chevesne | 12 | 16,1 | 42,1 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,4 | 20,7 |
| Neckar | Mannheim | 2017 | Chevesne | 12 | 20,7 | 90,8 | 4+ | Filet | Échantillon composite | 0,5 | 21,1 |
| Neckar | Besigheim | 2017 | Chevesne | 19 | 20,9 | 92,5 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,2 | 20,3 |
| Neckar | Besigheim | 2017 | Chevesne | 19 | 20,5 | 88 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,4 | 19,5 |
| Neckar | Kirchentellinsfurt | 2017 | Chevesne | 12 | 21,3 | 102 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,4 | 20 |
| Neckar | Kochendorf | 2017 | Chevesne | 13 | 20,9 | 98,6 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,4 | 20,7 |
| Rhin | Reckingen | 2017 | Chevesne | 20 | 21,6 | 99,5 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1 | 22 |
| Rhin | Reckingen | 2017 | Chevesne | 20 | 21 | 89,6 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,4 | 21,1 |
| Rhin | Weil | 2017 | Chevesne | 13 | 12,8 | 17,4 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 0,8 | 21,7 |
| Rhin | Mannheim | 2017 | Gardon | 20 | 15,8 | 40,9 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,6 | 21,4 |
| Rhin | Reckingen | 2018 | Chevesne | 8 | 15,9 | 39,5 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,3 | 20,3 |
| Rhin | Weil | 2018 | Chevesne | 10 | 22,4 | 126 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 1 | 21,7 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 195/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Neckar | Kirchentellinsfurt | 2018 | Chevesne | 15 | 14,4 | 39,1 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 0,7 | 20 |
| Neckar | Besigheim | 2018 | Chevesne | 16 | 18,4 | 73,5 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,9 | 20,7 |
| Neckar | Besigheim | 2018 | Chevesne | 4 | 36,2 | 517 | 5+ | Filet | Échantillon composite | 0,6 | 20 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 196/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------|-------|-----------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Neckar | Kochendorf | 2018 | Chevesne | 13 | 16,8 | 52,6 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 0,2 | 19,7 |
| Rhin | Karlsruhe | 2018 | Gobie à taches noires | 10 | 12,7 | 17,1 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,1 | |
| Rhin | Mannheim | 2018 | Gobie à taches noires | 10 | 14,3 | 48,1 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,1 | 20,5 |
| Neckar | Mannheim | 2018 | Gobie à taches noires | 10 | 12,8 | | 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,4 | 18,8 |
| Neckar | Mannheim | 2019 | Chevesne | 12 | 14,7 | 32,9 | 2 | Filet | Échantillon composite | 0,19 | 19,1 |
| Rhin | Karlsruhe | 2019 | Gardon | 12 | 19,3 | 95,3 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,74 | 21,4 |
| Neckar | Besigheim | 2019 | Gardon | 20 | 14,5 | 32,6 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,81 | 21,1 |
| Neckar | Kirchentellinsfurt | 2019 | Chevesne | 16 | 29,6 | 324 | 3+ | Filet | Échantillon composite | 1,4 | 21,7 |
| Neckar | Kochendorf | 2019 | Chevesne | 6 | 38 | 720 | 4+ | Filet | Échantillon composite | 1,5 | 22,1 |
| Rhin | Reckingen | 2019 | Chevesne | 20 | 24,5 | 156 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,7 | 21 |
| Rhin | Mannheim | 2019 | Gardon | 16 | 12,3 | 23 | 0+ | Filet | Échantillon composite | 0,18 | - |
| Rhin | Weil | 2019 | Chevesne | 19 | 23,5 | 145 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,4 | 21,6 |
| Rhin | Reckingen | 2021 | Chevesne | 23 | 14,7 | 36,2 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 0,6 | 19,5 |
| Rhin | Weil | 2021 | Chevesne | 14 | 22,5 | 127 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,5 | 22,2 |
| Rhin | Karlsruhe | 2021 | Gardon | 22 | 15,9 | 51,2 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 22,2 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 197/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Rhin | Mannheim | 2021 | Gardon | 12 | 13,6 | 32,2 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 21,4 |
| Neckar | Kirchentellinsfurt | 2021 | Chevesne | 11 | 24,7 | 149 | 4+ | Filet | Échantillon composite | 0,8 | 20,7 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 198/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Neckar | Besigheim | 2021 | Chevesne | 13 | 13,3 | 26,5 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 0,6 | 20,2 |
| Neckar | Kochendorf | 2021 | Chevesne | 18 | 15,6 | 24,6 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 0,4 | 19,3 |
| Neckar | Mannheim | 2021 | Chevesne | 24 | 15,2 | 40,6 | 1+ | Filet | Échantillon composite | 0,5 | 20,0 |
| Sarre | Fremersdorf | 2015 | Chevesne | 12 | 13,3 | 25,8 | | Poisson entier | Échantillon composite | 1,9 | |
| Sarre | Fremersdorf | 2015 | Chevesne | 9 | 18,1 | 68 | | Poisson entier | Échantillon composite | 2,2 | |
| Sarre | Fremersdorf | 2015 | Perche fluviatile | 9 | 19,9 | 113 | | Filet | Échantillon composite | 1,1 | |
| Sarre | Fremersdorf | 2015 | Chevesne | 10 | 23 | 147 | | Filet | Échantillon composite | 1,4 | |
| Sarre | Fremersdorf | 2015 | Gardon | 26 | 19,4 | 92,9 | | Filet | Échantillon composite | 2 | |
| Blies | Reinheim | 2022 | Gardon | 10 | 16,7 | 72 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,9 | 24,9 |
| Blies | Reinheim | 2022 | Chevesne | 10 | 18,7 | 81,9 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,4 | 22,2 |
| Sarre | Fremersdorf | 2022 | Gardon | 10 | 15,7 | 58,3 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,8 | 23,5 |
| Sarre | Fremersdorf | 2022 | Chevesne | 10 | 17,3 | 62,5 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 21,8 |
| Rhin | Bad Honnef | 2019 | Gardon | 6 | 15,8 | 41,5 | | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 25,8 |
| Rhin | Bad Honnef | 2021 | Gardon | 10 | 15 | 32,8 | | Filet | Échantillon composite | 1,4 | 23,3 |
| Rhin | /Bad Honnef | 2022 | Gardon | 10 | 11,1 | 15,6 | | Filet | Échantillon composite | 0,37 | 24,1 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 199/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Ruhr | Mülheim-Kahlenberg | 2015 | Chevesne | 10 | 19,1 | 75,4 | | Filet | Échantillon composite | 2,07 | |
| Ruhr | Mülheim-Kahlenberg | 2016 | Perche fluviatile | 9 | 19,8 | 105 | 2+ - 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,15 | 23,8 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 200/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Rhin | Bad Honnef | 2015 | Chevesne | 10 | 25,7 | 190 | | Filet | Échantillon composite | 2,12 | |
| Rhin | Bad Honnef | 2016 | Perche fluviatile | 9 | 22,6 | 165 | 2+ - 3+ | Filet | Échantillon composite | 1,1 | 24,5 |
| Wupper | Opladen | 2018 | Chevesne | 10 | 23,3 | 132 | 2+ - 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,15 | 27,9 |
| Wupper | Opladen | 2019 | Perche fluviatile | 10 | 18,9 | 80,4 | | Filet | Échantillon composite | 0,47 | 11,8 |
| Wupper | Opladen | 2021 | Chevesne | 10 | 18,6 | 73,6 | | Filet | Échantillon composite | 0,93 | 22,9 |
| Wupper | Opladen | 2022 | Chevesne | 6 | 32,1 | 396 | | Filet | Échantillon composite | 2 | 39,3 |
| Wupper | Opladen | 2022 | Chevesne | 4 | 36,8 | 584 | | Filet | Échantillon composite | 1,4 | 26,6 |
| Ruhr | Mülheim-Kahlenberg | 2018 | Perche fluviatile | 11 | 18,2 | 74,9 | | Filet | Échantillon composite | 0,14 | 23 |
| Ruhr | Mülheim-Kahlenberg | 2019 | Perche fluviatile | 10 | 16,8 | 54,6 | | Filet | Échantillon composite | 0,29 | 8,8 |
| Ruhr | Mülheim-Kahlenberg | 2021 | Perche fluviatile | 10 | 19,5 | 93 | | Filet | Échantillon composite | 0,5 | 23,9 |
| Ruhr | Mülheim-Kahlenberg | 2022 | Perche fluviatile | 9 | 16,3 | 63,1 | | Filet | Échantillon composite | | 25,9 |
| Rhin | Clèves-Bimmen | 2018 | Gardon | 10 | 22 | 148 | 2+ - 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,14 | 26,3 |
| Rhin | Clèves-Bimmen | 2018 | Perche fluviatile | 7 | 23,1 | 189 | 2+ - 3+ | Filet | Échantillon composite | 0,13 | 23,9 |
| Rhin | Clèves-Bimmen | 2021 | Perche fluviatile | 10 | 11,5 | 16,8 | | Filet | Échantillon composite | 0,44 | 21,5 |
| Lippe | Wesel | 2019 | Chevesne | 10 | 15,4 | 30,7 | | Filet | Échantillon composite | 0,26 | 26 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 201/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Lippe | Wesel | 2021 | Chevesne | 10 | 17,2 | 69,2 | | Filet | Échantillon composite | 1 | 22,9 |
| Lippe | Wesel | 2022 | Perche fluviatile | 5 | 16,8 | 60,4 | | Filet | Échantillon composite | 0,18 | 23 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 202/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Lippe | Wesel | 2022 | Perche fluviatile | 5 | 13,2 | 25,6 | | Filet | Échantillon composite | | 21,6 |
| Lippe | Wesel | 2015 | Chevesne | 3 | 29,3 | 312 | | Filet | Échantillon composite | 1,1 | |
| Rhin | Clèves-Bimmen | 2015 | Brème | 7 | 18,9 | 60,6 | | Filet | Échantillon composite | 0,64 | |
| Rhin | Clèves-Bimmen | 2016 | Gardon | 8 | 16 | 53,3 | 2+ - 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,1 | 21 |
| Rhin | Clèves-Bimmen | 2016 | Gardon | 8 | 20 | 113 | 2+ - 4+ | Filet | Échantillon composite | 1,27 | 21,2 |
| Wupper | Opladen | 2015 | Gardon | 9 | 13,3 | 26,9 | | Filet | Échantillon composite | 2,3 | |
| Wupper | Opladen | 2016 | Truite fario | 9 | 24,6 | 165 | 2+ - 2+ | Filet | Échantillon composite | 2,13 | 23,6 |
| Rhin | Hollands Diep | 2017 | Gardon | 10 | 10,3 | 11,1 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 4,2 | 24,9 |
| Rhin | Ketelmeer | 2017 | Gardon | 11 | 13,8 | 32,9 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 5,5 | 27,6 |
| Rhin | Nieuwe Waterweg | 2018 | Flet | 9 | 19,1 | 76,9 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 1,9 | 20,7 |
| Rhin | Hollands Diep | 2018 | Gardon | 21 | 11,8 | 16,1 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 5,3 | 27,1 |
| Rhin | Hollands Diep | 2019 | Gardon | 9 | 14,9 | 49,8 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 5,6 | 27,7 |
| Rhin | IJsselmeer | 2019 | Gardon | 10 | 10,1 | 14,3 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 3,9 | 25,1 |
| Rhin | Hollands Diep | 2020 | Gardon | 32 | 11,3 | 14,6 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 6,3 | 27 |
| Rhin | Ketelmeer | 2020 | Gardon | 11 | 15 | 42,6 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 8,6 | 29,2 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 203/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Rhin | Nieuwe Waterweg | 2021 | Flet | 21 | 17,3 | 53,6 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 1,7 | 19,3 |
| Rhin | Rhin | 2021 | Gardon | 14 | 12,4 | 18,7 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 1,7 | 22,9 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 204/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Rhin | Hollands Diep | 2021 | Gardon | 10 | 14,6 | 34,1 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 5,4 | 25,8 |
| Rhin | Hollands Diep | 2022 | Gardon | 25 | 11 | 13,7 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 4,2 | 25,2 |
| Rhin | IJsselmeer | 2022 | Gardon | 28 | 11,4 | 11,1 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 4,6 | 25,5 |
| Main | PK 8,0-8,2 | 2022 | Perche fluviatile | 13 | 17,4 | 73,2 | 3 – 4 | Filet | Échantillon composite | 1,8 | 23,3 |
| Main | PK 8,0-8,2 | 2021 | Gardon | 12 | 14,4 | 33,3 | 2 - 3 | Filet | Échantillon composite | 4,1 | 23,8 |
| Lahn | Limburg | 2022 | Chevesne | 10 | 23,9 | 148 | 3 – 4 | Filet | Échantillon composite | 1,8 | 21,7 |
| Lahn | Limburg | 2022 | Chevesne | 10 | 22 | 109 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1 | 21,2 |
| Lahn | Solms-Oberbiel | 2022 | Perche fluviatile | 11 | 17,6 | 73,7 | 4 | Filet | Échantillon composite | 2,2 | 22,5 |
| Lahn | Solms-Oberbiel | 2021 | Perche fluviatile | 11 | 17,5 | 77,3 | 2 - 3 | Filet | Échantillon composite | 2,5 | 22,9 |
| Kinzig | Kinzig | 2021 | Perche fluviatile | 12 | 17,4 | 61,7 | 3 – 4 | Filet | Échantillon composite | 2,3 | 22,8 |
| Weschnitz | Einhausen-Ost | 2022 | Chevesne | 11 | 21,8 | 110 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,8 | 23,4 |
| Schwarzbach | Trebur-Astheim | 2022 | Chevesne | 10 | 22,5 | 131 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,2 | 20,2 |
| Schwarzbach | Trebur-Astheim | 2021 | Chevesne | 10 | 24,3 | 177 | 3 – 4 | Filet | Échantillon composite | 1,6 | 22 |
| Main | PK 8,0-8,2 | 2018 | Perche fluviatile | 7 | 22,4 | | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,59 | |
| Main | PK 8,0-8,2 | 2018 | Gardon | 8 | 23,6 | | 3,38 | Filet | Échantillon composite | 1,8 | |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 205/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Lahn | Limburg | 2018 | Chevesne | 5 | 13 | | 1,2 | Filet | Échantillon composite | 0,098 | |
| Rhin | Petersau | 2022 | Perche fluviatile | 9 | 14,4 | 44,9 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 20,2 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 206/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|----------------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Rhin | Budenheim | 2022 | Perche fluviatile | 10 | 18,7 | 117 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,3 | 21,6 |
| Rhin | St. Goar | 2022 | Perche fluviatile | 10 | 18,8 | 153 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 20,4 |
| Moselle | Detzem | 2022 | Chevesne | 10 | 23,8 | 242 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1 | 20,4 |
| Moselle | Detzem | 2022 | Perche fluviatile | 10 | 17,6 | 81,1 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1 | 20,9 |
| Moselle | Palzem | 2022 | Perche fluviatile | 10 | 17,7 | 98,2 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,9 | 21,9 |
| Sarre | Schoden | 2022 | Perche fluviatile | 6 | 22,5 | 193 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 0,7 | 20,5 |
| Sûre | Metzdorf | 2022 | Perche fluviatile | 10 | 17,2 | 74,6 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,3 | 21,1 |
| Lahn | Cours inférieur de la Lahn | 2022 | Chevesne | 5 | 21,1 | 134 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,1 | 19,7 |
| Rhin | St. Goar | 2022 | Perche fluviatile | 10 | 14,9 | 62,3 | 2+ | Filet | Échantillon composite | 1,5 | 21,4 |
| Rhin | Petersau | 2015 | Gardon | 9 | 20,3 | 121 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,2 | |
| Rhin | Petersau | 2015 | Perche fluviatile | 16 | 17,5 | 76,8 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,9 | |
| Rhin | St. Goar | 2015 | Gardon | 11 | 19,5 | 102 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2 | |
| Rhin | St. Goar | 2015 | Perche fluviatile | 13 | 20,4 | 128 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,9 | |
| Moselle | Detzem | 2015 | Perche fluviatile | 9 | 21,4 | 138 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,9 | |
| Moselle | Detzem | 2015 | Gardon | 9 | 20,4 | 113 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,1 | |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 207/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Moselle | Detzem | 2015 | Gardon | 10 | 18,4 | 84 | | Filet | Échantillon composite | 2 | |
| Moselle | Detzem | 2015 | Perche fluviatile | 10 | 18,7 | 86,2 | | Filet | Échantillon composite | 1,2 | |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 208/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|------------------------|---------------------|--------|
| Moselle | Palzem | 2015 | Perche fluviatile | 10 | 18,1 | 80,7 | | Filet | Échantillon composite | 1 | |
| Moselle | Palzem | 2015 | Gardon | 10 | 19 | 82,9 | | Filet | Échantillon composite | 1,5 | |
| Sûre | Metzdorf | 2015 | Barbeau | 8 | 22,6 | 115 | | Filet | Échantillon composite | 3,6 | |
| Sûre | Metzdorf | 2015 | Gardon | 11 | 18,6 | 83,9 | | Filet | Échantillon composite | 1,9 | |
| Sûre | Metzdorf | 2015 | Perche fluviatile | 10 | 17,7 | 80 | | Filet | Échantillon composite | 0,8 | |
| Sarre | Schoden | 2015 | Perche fluviatile | 6 | 21 | 152 | | Filet | Échantillon composite | 1,1 | |
| Sarre | Schoden | 2015 | Gardon | 15 | 18,6 | 90,6 | | Filet | Échantillon composite | 2 | |
| Moselle | Detzem | 2015 | Chevesne | 2 | 35 | 519 | | Filet | Échantillon composite | 1 | |
| Moselle | Detzem | 2015 | Chevesne | 8 | 20,4 | 105 | | Filet | Échantillon composite | 0,8 | |
| Meurthe | Saint-Clément | 2022 | Chevesne | 5 | 21,2 | 93 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,8 | 22,9 |
| Meurthe | Damelevières | 2022 | Chevesne | 8 | 21,2 | 90,6 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1 | 22,9 |
| Meurthe | Damelevières | 2022 | Perche fluviatile | 8 | 19,2 | 78,1 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,8 | 24 |
| Moselle | Tonnoy | 2017 | Chevesne | 10 | 25,5 | 181 | 4 | Filet | Échantillon composite | 1,7 | 19,9 |
| Moselle | Tonnoy | 2021 | Chevesne | 9 | 25,3 | 164 | 4 | Filet | Échantillon composite | 0,7 | 19,8 |
| Moselle | Liverdun | 2015 | Barbeau | 1 | 22 | 80 | 3 | Poisson entier | Échantillon instantané | 3,4 | 23,5 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 209/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Moselle | Liverdun | 2015 | Brème bordelière | 8 | 19,4 | 94,4 | 3 | Poisson entier | Échantillon composite | 8,2 | 28,7 |
| Moselle | Liverdun | 2015 | Brème bordelière | 12 | 19,6 | 102 | 3 | Filet | Échantillon composite | 4,4 | 23,2 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 210/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|---------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|------------------------|---------------------|--------|
| Moselle | Livardun | 2015 | Chevesne | 2 | 27,5 | 249 | 4 | Poisson entier | Échantillon composite | 1,8 | 22,6 |
| Moselle | Livardun | 2015 | Chevesne | 8 | 22,5 | 125 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,8 | 19,8 |
| Moselle | Livardun | 2015 | Gardon | 13 | 19,8 | 98,8 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,1 | 20,3 |
| Moselle | Livardun | 2015 | Perche fluviatile | 16 | 19,2 | 87,9 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,1 | 20,1 |
| Moselle | Livardun | 2015 | Perche fluviatile | 4 | 23,8 | 204 | 4 | Filet | Échantillon composite | 1,5 | 20,3 |
| Moselle | Livardun | 2015 | Sandre | 1 | 25 | 131 | 2 | Poisson entier | Échantillon instantané | 3 | 20,4 |
| Moselle | Livardun | 2015 | Sandre | 2 | 39,5 | 638 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,1 | 21,5 |
| Moselle | Livardun | 2022 | Chevesne | 8 | 25,7 | 182 | 4 | Filet | Échantillon composite | 1 | 20,8 |
| Moselle | Livardun | 2022 | Perche fluviatile | 8 | 22,7 | 161 | 4 | Filet | Échantillon composite | 1,9 | 23,7 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Brème bordelière | 15 | 18,1 | 78,7 | 3 | Filet | Échantillon composite | 3,7 | 22,6 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Chevesne | 1 | 24 | 134 | 3 | Poisson entier | Échantillon instantané | 3,7 | 26 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Gardon | 8 | 19 | 97,1 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,2 | 23,6 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Perche fluviatile | 1 | 27 | 287 | 5 | Poisson entier | Échantillon instantané | 4 | 26 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Perche fluviatile | 2 | 16,5 | 61 | 3 | Poisson entier | Échantillon composite | 5 | 26 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Perche fluviatile | 4 | 22,9 | 157 | 4 | Poisson entier | Échantillon composite | 3,4 | 27,2 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 211/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|---------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Perche fluviatile | 14 | 19,1 | 88,9 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,4 | 21 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Sandre | 10 | 25,9 | 158 | 2 | Filet | Échantillon composite | 1,1 | 20,8 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 212/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|---------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|------------------------|---------------------|--------|
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Sandre | 1 | 39 | 606 | 3 | Filet | Échantillon instantané | 1,9 | 22,7 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Sandre | 1 | 33 | 380 | 2 | Filet | Échantillon instantané | 1,1 | 22,6 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Chevesne | 7 | 23,9 | 156 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,9 | 20,6 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Perche fluviatile | 6 | 21,8 | 135 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 21,9 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Perche fluviatile | 1 | 29,8 | 396 | 6 | Filet | Échantillon composite | 1,1 | 22,6 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Silure | 1 | 80 | - | 3 | Filet | Échantillon instantané | 0,7 | 19,9 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Chevesne | 2 | 24,5 | 156 | 3 | Poisson entier | Échantillon composite | 3 | 25,5 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Chevesne | 13 | 22,2 | 115 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 21,2 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Gardon | 14 | 19,5 | 95,8 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,9 | 22,9 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Gardon | 7 | 25,7 | 242 | 5 | Filet | Échantillon composite | 3,3 | 24,6 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Gardon | 6 | 21,8 | 140 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,9 | 23,9 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Perche fluviatile | 12 | 14,5 | 39,3 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 1,8 | 25,7 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2015 | Silure | 1 | 66 | 1 788 | 3 | Filet | Échantillon instantané | 1 | 20 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2019 | Chevesne | 8 | 27,6 | 264 | 4 | Filet | Échantillon composite | 1,36 | 22 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2021 | Chevesne | 10 | 22,8 | 137 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,6 | 22,9 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 213/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|---------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Chevesne | 8 | 26,3 | 224 | 4 | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 21,3 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Perche fluviatile | 5 | 18,6 | 81,4 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,8 | 20,9 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 214/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|-----------------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|------------------------|---------------------|--------|
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Silure | 1 | 75 | - | 3 | Filet | Échantillon instantané | 0,7 | 19,2 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Brème | 8 | 19,9 | 100 | 3 | Filet | Échantillon composite | 5,7 | 25,7 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Perche fluviatile | 1 | 34,6 | 636 | 9 | Filet | Échantillon composite | 0,8 | 22,5 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Perche fluviatile | 8 | 20,6 | 113 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,8 | 21,1 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Silure | 1 | 72 | - | 3 | Filet | Échantillon instantané | 0,6 | 19,3 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Chevesne | 8 | 22,9 | 153 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1 | 20 |
| Sarre | Sarraltroff | 2020 | Chevesne | 9 | 22,4 | 115 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,2 | 21,6 |
| Sarre | Sarraltroff | 2022 | Chevesne | 8 | 22,9 | 153 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,2 | 20,1 |
| Sarre | Sarraltroff | 2022 | Gardon | 7 | 16,3 | 72,1 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,6 | 21,4 |
| Sarre | Keskastel | 2022 | Chevesne | 8 | 22,9 | 153 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,9 | 20,4 |
| Sarre | Keskastel | 2022 | Gardon | 8 | 20 | 97,3 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,3 | 22,2 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2022 | Chevesne | 8 | 22,9 | 153 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,9 | 19,9 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2022 | Gardon | 8 | 17,4 | 86,6 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2 | 22,7 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2015 | Brème bordelière | 4 | 16,3 | 49 | 3 | Poisson entier | Échantillon composite | 6,1 | 25,9 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2015 | Brème | 6 | 19,3 | 75 | 3 | Poisson entier | Échantillon composite | 4,3 | 26,8 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 215/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|-------------|-----------------------|---------------------|--------|
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2015 | Chevesne | 10 | 21,7 | 113 | 3 | Filet | Échantillon composite | 1,4 | 20,3 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2015 | Gardon | 11 | 20 | 97,3 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,1 | 22,2 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 216/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Espèce de poisson | N (poissons) | Longueur [en cm] | Poids [en g] | Âge [A] | Échantillon | Échantillon | Taux de lipides [%] | MS [%] |
|-------------|--------------------------------|-------|-------------------|--------------|------------------|--------------|---------|----------------|------------------------|---------------------|--------|
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2015 | Perche fluviatile | 6 | 14,2 | 32,5 | 2 | Poisson entier | Échantillon composite | 2,3 | 26,1 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2015 | Perche fluviatile | 1 | 25 | 225 | 5 | Poisson entier | Échantillon instantané | 3,6 | 23 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2015 | Perche fluviatile | 6 | 19,9 | 98,3 | 3 | Poisson entier | Échantillon composite | 2,2 | 27,7 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2022 | Chevesne | 8 | 22,9 | 153 | 3 | Filet | Échantillon composite | 0,9 | 20,4 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2022 | Gardon | 5 | 17,7 | 69,8 | 3 | Filet | Échantillon composite | 2,1 | 22,2 |
| Sarre | Güdingen/ Grosbliederstroff | 2022 | Gardon | 6 | 14,4 | 35,7 | 2 | Filet | Échantillon composite | 1,6 | 22,4 |
| Rhin | Fußach | 2019 | Chevesne | 6 | | | | Poisson entier | Échantillon composite | 4,5 | 26,2 |
| Rhin | Fußach | 2022 | Chevesne | 2 | 33,8 | 422 | 4,5 | Poisson entier | Échantillon composite | 3,2 | 25,6 |
| Rhin | Fußach | 2022 | Chevesne | 4 | 24,4 | 187 | 2,5 | Poisson entier | Échantillon composite | 4,7 | 27,3 |

Tableau 23 : Vue d'ensemble du groupe d'échantillons de coquillages avec données biométriques (toutes les données après uniformisation et nettoyage).

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Genre | Classe de taille [cm] | Poids avec coquille [g] | Poids du corps mou [g] | N (spécimen individuel) | Taux de lipides [%] | TMS [%] |
|-------------|-----------------|-------|-----------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| Rhin | Reckingen | 2015 | Corbicula | < 1, 1-2 | 800 | 122 | - | 1,6 | - |
| Rhin | Weil | 2015 | Corbicula | < 1, 1-2, > 2 | 1600 | 135 | - | 2 | - |
| Neckar | Besigheim | 2015 | Corbicula | 1-2, > 2 | 900 | 154 | - | 2,3 | - |
| Neckar | Kochendorf | 2015 | Corbicula | 1-2, > 2 | 2000 | 153 | - | 2,9 | - |
| Neckar | Mannheim | 2015 | Corbicula | 1-2, > 2 | 1 900 | 160 | - | 3 | - |
| Rhin | Reckingen | 2016 | Corbicula | 1-2, > 2 | 1200 | 149 | - | 0,7 | - |
| Rhin | Weil | 2016 | Corbicula | 1-2, > 2 | 1 800 | 248 | - | 0,9 | - |
| Rhin | Mannheim | 2016 | Dreissena | 1-2 | 1200 | 199 | - | 0,3 | - |
| Neckar | Besigheim | 2016 | Corbicula | 1-2, > 2 | 1 000 | 174 | - | 2,6 | - |
| Neckar | Kochendorf | 2016 | Corbicula | 1-2, > 2 | 2000 | 276 | - | 2,1 | - |
| Neckar | Mannheim | 2016 | Corbicula | 1-2, > 2 | 1 000 | 131 | - | 1,4 | - |
| Rhin | Reckingen | 2017 | Corbicula | 1-2 | 1 700 | 196 | - | 1,1 | 11,5 |
| Rhin | Weil | 2017 | Corbicula | 1-2 | 1100 | 86 | - | 0,3 | 8 |
| Rhin | Mannheim | 2017 | Dreissena | 1-2 | 1 500 | 181 | - | 0,3 | 8,8 |
| Neckar | Besigheim | 2017 | Corbicula | 1-2, > 2 | 400 | 53 | - | - | 18,3 |
| Neckar | Kochendorf | 2017 | Corbicula | 1-2, > 2 | 1 800 | 189 | - | 2,9 | 17,9 |
| Neckar | Mannheim | 2017 | Corbicula | > 2 | 1 900 | 285 | - | 2,4 | 15,3 |
| Rhin | Reckingen | 2018 | Corbicula | 1-2 | 2 323 | 237 | - | 1 | 10,9 |
| Rhin | Reckingen | 2019 | Corbicula | 1-2 | 1 900 | 211 | - | 0,79 | 9,3 |
| Rhin | Karlsruhe | 2019 | Dreissena | 1-2 | 1200 | 160 | - | 0,36 | 7,5 |
| Rhin | Mannheim | 2019 | Dreissena | 1-2 | 1600 | 243 | - | 0,29 | 5,7 |
| Neckar | Besigheim | 2019 | Dreissena | 1-2 | 1300 | 151 | - | 0,69 | 8,4 |
| Neckar | Kochendorf | 2019 | Dreissena | 1-2 | 1200 | 163 | - | 1,2 | 10,3 |
| Neckar | Mannheim | 2019 | Dreissena | 1-2 | 1400 | 240 | - | 1,4 | 9,4 |
| Rhin | Reckingen | 2021 | Dreissena | 1-2, > 2 | 862 | 173 | - | 0,1 | 5,38 |
| Rhin | Weil | 2021 | Corbicula | 1-2, > 2 | 1 393 | 192 | - | 1,7 | 12,8 |
| Rhin | Weil | 2021 | Dreissena | 1-2, > 2 | 905 | 187 | - | 0,8 | 10,2 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 218/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Genre | Classe de taille [cm] | Poids avec coquille [g] | Poids du corps mou [g] | N (spécimen individuel) | Taux de lipides [%] | TMS [%] |
|-------------|-------------------|-------|-----------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| Rhin | Karlsruhe | 2021 | Dreissena | 1-2, > 2 | 2 309 | 309 | - | 0,7 | 10,1 |
| Rhin | Mannheim | 2021 | Dreissena | 1-2, > 2 | 2 182 | 313 | - | 0,7 | 10,3 |
| Neckar | Besigheim | 2021 | Dreissena | 1-2, > 2 | 1 112 | 159 | - | 1,2 | 11,1 |
| Neckar | Kochendorf | 2021 | Dreissena | 1-2, > 2 | 1931 | 253 | - | 0,7 | 9,20 |
| Neckar | Mannheim | 2021 | Dreissena | 1-2, > 2 | 2786 | 406 | - | 0,3 | 9,09 |
| Rhin | Reckingen | 2022 | Dreissena | 1-2 | 1931 | 244 | - | 0,4 | 7,3 |
| Rhin | Weil | 2022 | Dreissena | 1-2, > 2 | 1 325 | 162 | - | 0,6 | 8 |
| Rhin | Karlsruhe | 2022 | Dreissena | 1-2, > 2 | 2047 | 209 | - | 0,5 | 7,4 |
| Rhin | Mannheim | 2022 | Dreissena | < 1,1-2 | 1895 | 164 | - | 0,4 | 8,3 |
| Neckar | Besigheim | 2022 | Dreissena | 1-2, > 2 | 2 254 | 256 | - | 1 | 9,7 |
| Neckar | Kochendorf | 2022 | Dreissena | 1-2, > 2 | 1 753 | 205 | - | 1 | 9,9 |
| Neckar | Mannheim | 2022 | Dreissena | 1-2, > 2 | 2004 | 242 | - | 1,4 | 10 |
| Rhin | Ketelmeer | 2017 | Dreissena | 1,57 | | 0,1 | >200 | 0,2 | 3 |
| Rhin | Hollands Diep | 2017 | Dreissena | 1,57 | | 0,08 | >200 | 0,3 | 3,4 |
| Rhin | Hollands Diep | 2018 | Dreissena | 1,64 | | 0,16 | >200 | 0,4 | 4,8 |
| Rhin | IJsselmeer | 2019 | Dreissena | 1,71 | | 0,07 | >200 | 0,7 | 7,1 |
| Rhin | Hollands Diep | 2019 | Dreissena | 1,64 | | 0,14 | >200 | 0,5 | 5,5 |
| Rhin | Lobith | 2019 | Dreissena | 1,61 | | 0,14 | >200 | 0,5 | 5,7 |
| Rhin | Hollands Diep | 2020 | Dreissena | 1,74 | | 0,22 | >200 | 0,6 | 5,6 |
| Rhin | Ketelmeer | 2020 | Dreissena | 1,72 | | 0,26 | >200 | 0,9 | 7 |
| Rhin | Hollands Diep | 2021 | Dreissena | 1,73 | | 0,21 | >200 | 0,5 | 5,5 |
| Rhin | Lobith | 2021 | Dreissena | 1,68 | | 0,17 | >200 | 1,3 | 9 |
| Rhin | Nieuwe Maas | 2021 | Dreissena | 1,62 | | 0,17 | >200 | 0,5 | 4,9 |
| Rhin | Hollands Diep | 2022 | Dreissena | 1,68 | | 0,13 | >200 | 0,6 | 7,5 |
| Rhin | IJsselmeer | 2022 | Dreissena | 1,66 | | 0,2 | >200 | 0,3 | 3,7 |
| Schwarzbach | Astheim | 2021 | Corbicula | 2,3 - 2,8 | | 67,9 | 95 | 2,97 | 18,3 |
| Weschnitz | Biblis-Wattenheim | 2021 | Corbicula | 2,5 - < 2,9 | | 98,6 | 95 | 1,8 | 13,2 |
| Kinzig | Hanau | 2021 | Corbicula | 2,2 - < 2,6 | | 93,3 | 95 | 3,64 | 21,7 |
| Lahn | Limburg | 2021 | Corbicula | 2,4 - 2,8 | | 70,4 | 75 | 2,42 | 19,8 |
| Lahn | Solms-Oberbiel | 2021 | Corbicula | 2,5 - 2,6 | | 91,9 | 51 | 3,12 | 23,3 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 219/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Genre | Classe de taille [cm] | Poids avec coquille [g] | Poids du corps mou [g] | N (spécimen individuel) | Taux de lipides [%] | TMS [%] |
|-------------|-------------------------------|-------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| Nidda | Nied | 2021 | Corbicula | 2,5 - < 3,0 | | 81,0 | 73 | 2,8 | 17,4 |
| Weschnitz | Biblis-Wattenheim | 2022 | Corbicula | 2,8 | 7 | | 80 | | |
| Schwarzbach | Astheim | 2022 | Corbicula | 2,62 | 6,3 | | 81 | | |
| Kinzig | Hanau | 2022 | Corbicula | 2,56 | 6,8 | | 80 | | |
| Lahn | Limburg | 2022 | Corbicula | 2,73 | 8,4 | | 95 | | |
| Lahn | Solms-Oberbiel | 2022 | Corbicula | 3,12 | 10,7 | | 54 | | |
| Weschnitz | Biblis-Wattenheim | 2020 | Corbicula | 2,5 - 3,1 | 196 | 22 | 30 | | |
| Schwarzbach | Astheim | 2020 | Corbicula | 2,3 - 2,5 | 170 | 20 | 33 | | |
| Kinzig | Hanau | 2020 | Corbicula | 1,8 - 2,1 | 119 | 14 | 34 | | |
| Lahn | Solms-Oberbiel | 2020 | Corbicula | 2,6 - 3,3 | 292 | 66 | 33 | | |
| Nidda | Nied | 2020 | Corbicula | 2,4 - 2,6 | 203 | 23 | 31 | | |
| Lahn | Limburg | 2020 | Corbicula | 2,7 - 4,0 | 442 | 91 | 32 | | |
| Moselle | Detzem | 2015 | Dreissena | | | | | | |
| Sarre | Schoden | 2015 | Mélange : Dreiss. + Corb. | | | | | | |
| Rhin | Budenheim | 2015 | Dreissena | | | | | | |
| Moselle | Palzem | 2015 | Dreissena | | | | | | |
| Moselle | Detzem | 2015 | Dreissena | | | | | | |
| Rhin | Cours amont du Rhin supérieur | 2015 | Dreissena | | | | | | |
| Moselle | Palzem | 2023 | Dreissena | 2,5-3 | 337 | 80,6 | 100 | 1,1 | 11,6 |
| Moselle | Palzem | 2023 | Dreissena | 2,5-3 | 370 | 108 | 100 | 1 | 11,5 |
| Moselle | Palzem | 2023 | Dreissena | 2,5-3 | 320 | 89,2 | 99 | 1,1 | 11,2 |
| Moselle | Detzem | 2023 | Dreissena | 2,5-3 | 263 | 67,0 | 100 | 1 | 7,4 |
| Moselle | Detzem | 2023 | Dreissena | 2,5-3 | 212 | 43,7 | 109 | 0,7 | 6,4 |
| Rhin | Petersau | 2023 | Dreissena | 2,5-3 | 179 | 34,0 | 102 | 0,7 | 5,9 |
| Rhin | Budenheim | 2023 | Dreissena | 2 - 2,5 | 214 | 53,2 | 99 | 0,6 | 4,2 |
| Rhin | St. Goar | 2023 | Dreissena | 2,5-3 | 277 | 44,5 | 125 | 0,7 | 5,7 |
| Sarre | Schoden | 2023 | Dreissena | 2,5-3 | 319 | 89,4 | 79 | 0,9 | 10,9 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2-2,5 | 6,5 | 1,7 | 5 | 1,31 | 22,1 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
 Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
 Code d'étude IME : 2023-030

- page 220/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Genre | Classe de taille [cm] | Poids avec coquille [g] | Poids du corps mou [g] | N (spécimen individuel) | Taux de lipides [%] | TMS [%] |
|-------------|---------------------|-------|-----------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 11,7 | 4,04 | 9 | 2,27 | 22,2 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 11,7 | 4,07 | 9 | 4,35 | 24,4 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2,5-3 | 9 | 4,25 | 6 | 3,63 | 24,2 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2,5-3 | 6 | 4,04 | 4 | 3,39 | 26,2 |
| Meurthe | Bouxières | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 18,2 | 3,58 | 14 | 1,3 | 19,2 |
| Moselle | Liverdun | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 3,34 | 15 | 2,1 | 19,9 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 20,8 | 3,45 | 16 | 1,4 | 16,2 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 20,8 | 3,23 | 16 | 0,7 | 18,1 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 20,8 | 3,53 | 16 | 0,7 | 17,8 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 3,44 | 15 | 0,4 | 18,0 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 23,4 | 3,41 | 18 | 1,2 | 18,6 |
| Moselle | Liverdun | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 4,19 | 15 | 0,8 | 20,9 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 3,79 | 15 | 0,4 | 22,4 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 4,09 | 15 | 0,5 | 22,4 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 4,00 | 15 | 0,8 | 21,1 |
| Meurthe | Saint-Clément | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 20,8 | 4,06 | 16 | 0,8 | 21,4 |
| Moselle | Tonnoy | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 18,2 | 4,28 | 14 | 0,4 | 19,1 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 18,2 | 4,12 | 14 | 0,6 | 22,5 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 4,21 | 15 | 1,7 | 22,1 |
| Meurthe | Bouxières | 2021 | Dreissena | 2 - 2,5 | 23,4 | 4,03 | 18 | 0,3 | 21,6 |
| Sarre | Grosbliedestroff | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 18,2 | 4,90 | 14 | 1,2 | 10,2 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 18,2 | 5,42 | 14 | 0,9 | 11,6 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 14,3 | 5,13 | 11 | 0,9 | 11,0 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 18,2 | 5,19 | 14 | 0,8 | 10,6 |
| Moselle | Liverdun | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 20,8 | 5,18 | 16 | 1,4 | 12,1 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 31,2 | 5,92 | 24 | 1,7 | 13,8 |
| Meurthe | Bouxières | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 5,39 | 15 | 1,1 | 13,2 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 24,7 | 5,49 | 19 | 1,3 | 10,0 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 19,5 | 5,03 | 15 | 0,6 | 8,76 |
| Sarre | Sarraltroff | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 18,2 | 5,04 | 14 | 0,3 | 8,92 |

Rapport final : Mesures de polluants dans le bassin du Rhin de 2015 à 2023
Numéro de projet CIPR : Rapport CIPR n° 311
Code d'étude IME : 2023-030

- page 221/221 -

| Cours d'eau | Lieu de capture | Année | Genre | Classe de taille [cm] | Poids avec coquille [g] | Poids du corps mou [g] | N (spécimen individuel) | Taux de lipides [%] | TMS [%] |
|-------------|---------------------|-------|-----------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| Sarre | Grosbliederstroff | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 15,6 | 5,04 | 12 | 0,4 | 8,74 |
| Moselle | Uckange – Sierck | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 20,8 | 5,12 | 16 | 0,5 | 9,29 |
| Moselle | Liverdun | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 20,8 | 5,23 | 16 | 0,3 | 9,11 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 23,4 | 5,53 | 18 | 0,4 | 7,56 |
| Moselle | Millery – Vandières | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 20,8 | 5,28 | 16 | 0,3 | 7,53 |
| Meurthe | Bouxières | 2022 | Dreissena | 2 - 2,5 | 26 | 4,96 | 20 | 0,1 | 8,53 |